Seeschwankungen

(Seiches)

beobachtet am Chiemsee

von

Anton Endrös,

K. Reallehrer in Traunstein.

Von der

K. Technischen Hochschule zu München

zur Erlangung der Würde

eines

Doktors der technischen Wissenschaften

genehmigte

Dissertation.

Vorgelegt am 23. Oktober 1903.

Referent: Herr Professor Dr. Hermann Ebert.

Korreferent: Herr Professor Dr. Sebastian Finsterwalder.

Mit zwei Tafeln.

Traunstein.

Druck von A. Miller & Sohn.

1903.

Seeschwankungen

(Seiches)

beobachtet am Chiemsee

von

Anton Endrös,

K. Reallehrer in Traunstein.

Von der

K. Technischen Hochschule zu München

zur Erlangung der Würde

eines

Doktors der technischen Wissenschaften

genehmigte

Dissertation.

Vorgelegt am 23. Oktober 1903.

Referent: Herr Professor Dr. Hermann Ebert.

Korreferent: Herr Professor Dr. Sebastian Finsterwalder.

Mit zwei Tafeln.

Traunstein.

Druck von A. Miller & Sohn.

1903.

Herrn

Professor Dr. Hermann Ebert

in dankbarer Verehrung gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555418_0078

Vorwort.

Die erste Anregung zu dieser Arbeit verdanke ich Herrn K. Rektor W. Schremmel in Traunstein, der mich im Frühjahr 1901 auf die von Herrn Professor Dr. H. Ebert veröffentlichten Untersuchungen der periodischen Seespiegelschwankungen des Starnbergersees aufmerksam machte. Auf mein Ansuchen übertrug mir Herr Professor Dr. H. Ebert die bereits geplante Erforschung der Seiches des Chiemsees.

Wer je auf ähnlichem Gebiete gearbeitet hat, wird die Schwierigkeiten nicht verkennen, welche sich dem Verfasser besonders bei den Beobachtungen entgegenstellten. Sechs selbstregistrierende Apparate mussten abwechselnd an verschiedenen Punkten aufgestellt und vergleichbar im Gange gehalten werden. Fast alle Punkte lagen fern von jedem Verkehr, oft von einem bewohnten Orte. Schwer war nur eine Bedienung für die Apparate zu bekommen, noch schwieriger eine fachmännische Hilfe anlässlich der Störungen, wie sie bei Instrumenten, die den Witterungseinflüssen stets ausgesetzt sind, jederzeit vorkommen.

Erleichtert wurden mir die Untersuchungen durch das freundliche Entgegenkommen aller Anwohner des Sees, wofür ich auch öffentlich meinen besten Dank ausspreche, da ich im folgenden allen namentlich zu danken unterlassen musste. Ausserdem gewährte ein hohes Präsidium der K. bayr. Akademie der Wissenschaften in München aus der Münchner Bürgerstiftung die erforderlichen Mittel einer Unterrichtsaushilfe während des Sommersemesters 1902, welche ein hohes K. Staatsministerium des Innern für Kirchen- und Schulangelegenheiten gütigst genehmigte. Hiedurch wurden die persönliche Ueberwachung der Apparate, wie die vielen Beobachtungen an Ort und Stelle ermöglicht. Die K. bayr. Hof- und Staatsbibliothek endlich hat durch Ueberlassen einschlägiger Werke das Studium der Literatur auch fern von einer Bibliothek mir erleichtert. Genannten hohen Behörden spreche ich auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank aus.

Zu besonderem Danke aber bin ich Herrn Professor Dr. Hermann Ebert an der technischen Hochschule in München verpflichtet, der mir nicht nur die zu den Untersuchungen nötigen Apparate gütigst zur Verfügung stellte, sondern auch ausserdem der Arbeit reichste Förderung zuteil werden liess.

Traunstein, im September 1903.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	V
Inhaltsverzeichnis	VI
Einleitung	1—4
Allgemeine Lage des Sees S. 1 — Seefläche S. 1 — Seebecken S. 2 Zweck und allgemeine Gesichtspunkte der folgenden Untersuchungen S. 3	
I. Voruntersuchungen:	4—9
1. Eventuelle Hauptschwingungsachse	4
2. Vorversuche mit dem Plemyrameter	5
3. Vorversuche mit dem Zeigerlimnimeter	6
4. Vorversuche am Beckenmodelle des Chiemsees	8
II. Die selbstregistrierenden Limnimeter und allgemeine Diskussion ihrer Aufzeichnungen	10—17
A. Die selbstregistrierenden Limnimeter	10—12
1. Beschreibung der Limnimeter	10
2. Fehlerquellen	11
B. Allgemeine Diskussion des Kurvenmateriales	12—17
1. Einfache Schwingungen und Interferenz solcher gleicher Schwingungsdauer	12
2. Interferenz von Schwingungen verschiedener Dauer Einteilung der verschiedenen Formen der Interferenzkurve S. 14. Verwendung zur Ausmessung der Interferenzkurven am Chiemsee S. 16	14
III. Beobachtungsergebnisse der beiden Limnimeter System Sarasin	17—33
A. Beobachtungsergebnisse in Schafwaschen	17—26
1. Aufstellung des Instrumentes und kurze Beschreibung der Limnogramme	17
2. Ausmessung der Limnogramme	19
a) Für die 43 Min.-Seiche	19
b) Für die 29 Min.-Seiche	22
c) Für die übrigen Schwingungen	24
B. Beobachtungsergebnisse in Seebruck	26—33
1. Aufstellung des Instrumentes und kurze Beschreibung der Limnogramme	26
2. Ausmessung der Limnogramme und Vergleich mit den gleichzeitigen Aufzeichnungen in Schafwaschen	27
C. Zusammenfassung der Ergebnisse und weitere Beobachtungen mit dem Zeigerlimnimeter	32
IV. Das transportable Limnimeter und die Beobachtungsergebnisse an dessen Aufstellungsorten	33—47
A. Das transportable Limnimeter	33—35
1. Beschreibung des Instrumentes	33
2. Fehlerquellen	35
B. Beobachtungsergebnisse an den einzelnen Aufstellungsorten	35—47
1. In Feldwies	35
2. In Felden	38
3. In Mühlen	40

Seite

4. In Stock 41
5. In Gstadt 43
6. In Arlaching 44
7. In Chieming 45
8. In Hagenau 46

V. Die Schwingungsformen der Wassermasse des Chiemsees nach den Beobachtungsergebnissen 47—57
1. Die 43 Min.-Seiche 47
2. Die 29 Min.-Seiche 49
3. Die 18 Min.-Seiche 51
4. Die 16 Min.-Seiche 52
5. Die 11 Min.-Seiche 53
6. Die $9^1/_2$ Min.-Seiche 54
7. Die 8 Min.-Seiche 54
8. Die 7 Min.-Seiche 55
9. Die 5 Min.-Seiche 55
10. Die übrigen beobachteten Seiches 55
11. Die mehrknotigen Seiches in unregelmässigen Seebecken 56

VI. Theorie und Beobachtung 57—72
A) Die Periodendauer der Hauptschwingung des Chiemsees nach der P. Du Boys'schen Formel 57—64
1. Die P. Du Boys'sche Formel 57
2. Berechnung der Dauer der Hauptschwingung 58
3. Die Veränderung der Periodendauer und die Theorie 60
4. Die abweichende Periodendauer zu bestimmten Zeiten 62
5. Die Periodendauer unter Eis 64
6. Die längeren Seichesreihen von September ab 64
B. Die Periodendauer der übrigen Seiches nach der P. Du Boys'schen Formel 64—71
1. Die $37^1/_2$ Min.-Seiche 64
2. Die 29 Min.-Seiche 65
3. Die 18 Min.-Seiche und $9^1/_2$ Min.-Seiche 67
4. Die 16 Min.-Seiche, 8 Min.-Seiche und 4 Min.-Seiche 68
5. Die $12^1/_2$ Min.-Seiche 69
6. Die 11 Min.- und 7 Min.-Seiche 69
7. Die 5 Min.-Seiche 70
8. Die Seiches kürzerer Dauer 70
C. Die Seiches des natürlichen und künstlichen Seebeckens 71—72

VII. Die Ursachen der Seiches des Chiemsees 72—105
1. Einleitendes 72
2. Die meteorologischen Beobachtungen 73
3. Statistisches Material 75
a) Verwendung der Schafwaschener Limnogramme S.75. b) Tägliche Maximalschwankungen gemessen in Schafwaschen S. 76. c) Die tägliche Summe der neuerzeugten Amplituden S. 78
4. Die täglichen Summen der neuerzeugten Amplituden und die gleichzeitigen meteorologischen Beobachtungen 80
5. Die Entstehung 4 grosser Denivellationen durch Gewitterböen 82
6. Einwirkung rascher Luftdruckminderungen auf den See 87
7. Denivellationswirkung des Windes am Chiemsee 89
Allgemeines S.89, — Stauwirkung des Windes am Chiemsee S. 89. — Oberströmungen bei Wind S. 92. — Die Seiches erregende Wirkung des Windes S. 93. — Einwirkung des Windes auf die Amplituden der Seiches S.94.
8. Die an ruhigen, klaren Tagen auftretenden Seiches 95
Statistisches S. 95. — Der Bergwind am Chiemsee S. 97
9. Entstehung der Ober- und Partialschwingungen 98
10. Ursachen der Vibrationen des Chiemsees 100

Seite

11. Die Seiches bei vollständiger Eisbedeckung 102
12. Andere mögliche Ursachen der Seiches des Chiemsees 103
a) Platzregen S. 103. — b) Anziehung der Wolkenelekrizität S. 103. — c) Erdbeben S. 104.

VIII. Mit den Seiches zusammenhängende Erscheinungen am Chiemsee 105—112
1. Strömungen bei gleichgerichteten Schwingungen 105
Am Eingang in den Aiterbachwinkel S. 106. — Urfahren-Herreninsel S. 107. — Am Knoten der 43 Min.-Seiche S. 108. — Strömungen im Weitsee S. 108.
2. Strömungen der Wassermasse des Weitsees infolge von Längs- und Querseiches 108
3. Die Öffnungen im Eise des Chiemsees 110
4. Die Abflussmengen der Alz bei Seichesbewegungen 111
5. Einfluss der Seichesbewegung auf das Grundwasser 112

Schluss 113—177
Zusammenstellung der Ergebnisse S. 113. — Weitere Probleme S. 116.

Literaturverzeichnis 117

Einleitung.

Allgemeine Lage des Sees. Der Chiemsee liegt zwischen 47°49'33" und 47°56'5" n. B., 10°0'45" und 10°12'15" ö. L. von Paris und hat bei Mittelwasserstand eine Höhe von 519 m über dem Meere.[1]) Infolge seiner Lage unmittelbar am Nordfusse der bayerischen Alpen zeigt er in der Wasserführung, wie auch in den lokalen Windverhältnissen alpinen Charakter. Sein Hauptzufluss, die Achen, entspringt tief in den Alpen (Pass Thurn am Jochberge), weshalb der See zur Zeit der Alpenschneeschmelze zwischen April und Juni seinen höchsten Stand hat, den er in den Sommermonaten nur durch aussergewöhnliche Regenmenge wieder erreicht. Der Bergwind, der in seiner Entstehung begünstigt ist durch das Alpenquertal der Achen, wird noch verstärkt durch die grosse Wasserfläche, welche den nördlichen Abschluss dieses Tales bildet.

Der See liegt auch ganz in der Zugrichtung der vielen Teildepressionen, welche die schwäbisch-bayrische Hochebene längs des Alpenrandes durchziehen, und auf deren Entstehung, Fortpflanzungsrichtung und Geschwindigkeit er sogar bestimmend einwirkt. Seine Umgebung ist nach drei Himmelsrichtungen frei und seine Ufer sind flach, so dass er für die heftigen West- und Ostwinde eine grosse Angriffsfläche bietet, weshalb Wellenhöhen von 1 bis 2 Meter nicht selten sind.

Seefläche.[2]) Der Chiemsee bedeckt eine Fläche von 85,066 qkm bei 0,50 m Herrenwörther Pegel (= 0,36 m Seebrucker Alz Pegel) und hat eine grösste west-östliche Ausdehnung von 13,5 km und eine solche süd-nördliche von 12 km. Dabei ist seine Gestalt sehr unregelmässig, fast zerrissen. Seine drei Inseln, Frauenwörth, Krautinsel und Herrenwörth — welch letztere einen Flächeninhalt von 2,25 qkm hat — teilen den See mit ihrer östlichen Uferlinie in zwei Teile, den sogenannten Weitsee den östlichen Teil und den Inselsee, den westlichen Teil.

[1]) Die verwendeten Zahlenangaben stammen z. T. aus „E. Bayberger, Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig 1888 und 1890," z. T. aus „E. Nenning, Projekt über die Regulierung der Wasserstände des Chiemsees" Strassen- und Flussbauamt Traunstein 1893 (nicht im Drucke erschienen).

[2]) Vgl. Tiefenkarte Tafel I, Fig. 1 nach E. Bayberger, Mitteilungen d. V. f. Erdkunde 1888.

Der Weitsee hat eine grosse Ausbuchtung in der Mitte des Ostufers, bei Chieming und in seiner Südostecke eine lange, schmale Bucht, den Grabenstätter Winkel. Am Südufer, bei Feldwies, erstreckt sich eine flache Halbinsel, der Achenzipfel, 2 km weit in den See hinein, an deren Ostseite sich der Hauptzufluss, die Achen, in den See ergiesst, und an deren Westseite sich die Feldwieser Bucht einschneidet. Das übrige Südufer verläuft fast geradlinig ost-westlich bis zur Irschner Bucht, dem südlichsten Teile des Sees, welche bereits im Inselsee gelegen ist. Von hier wendet sich das Ufer fast rechtwinklig gegen Norden, um im Nordwesten die drei grossen Buchten, den Aiterbachwinkel, den westlichsten Seeteil, den Kailbach- und Mühlener-Winkel zu bilden, zwischen denen die langgestreckten Halbinseln von Holzen und Urfahren in den See ragen.

See-Becken. Gleich mannigfach gestaltet ist auch die Beckenform unseres Sees, welche durch die vielen Peilungen (662) von E. Bayberger[1]) vom Jahre 1884 ziemlich genau bekannt ist. Derselbe hat eine Tiefenkarte mit Isobathen von 10 zu 10 m in den Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig i. J. 1888 veröffentlicht, welcher Publikation die Tiefenlinien der Kartenskizze entnommen sind.

Darnach ist das Hauptbecken, der Weitsee, eine flache Mulde von 73 m maximaler Tiefe, welche Stelle sich ungefähr in der Mitte desselben befindet. Von dieser tiefsten Stelle aus erstreckt sich eine tiefe, schmale Rinne nord-östlich gegen Seebruck zum Abfluss des Sees, der Alz, und eine zweite weniger tiefe, aber breitere gegen Nordwesten. Gegen Osten ist die Ausbuchtung der Tiefenkurven nur schwach; nur die Isobathe von 10 m reicht in der Chieminger Bucht bis fast ans Ufer. Der Grabenstätter Winkel, wie die Feldwieser Bucht sind sehr seicht und im Innern ganz versumpft. Das Hauptbecken setzt sich nach Südwesten fort, wobei die Sohle sich langsam hebt, so dass die 40 Meterkurve ungefähr 1 km vor der Herreninsel sich schliesst. An dieser Stelle nähern sich auch die Isobathen von 30 und 20 m auf rund 500 m, und bilden dort eine plötzliche, starke Einengung des Beckens. Ebengenannte Tiefenkurven lässt E. Bayberger da, wo das Becken um die Herreninsel biegt, in sich zurücklaufen, wobei eine Fortsetzung derselben bis zu den geloteten Tiefenpunkten von 43 m resp. 20 m nicht ausgeschlossen ist. Die Tiefenschicht von 10 m nur erstreckt sich durch den engen Eingang etwa 500 m weit in den Aiterbachwinkel hinein, läuft nahe am Ufer um den Kailbachwinkel, der ein eigenes Becken von 30 m grösster Tiefe bildet, herum, wendet sich dann nach Süden, um die Inselgruppe zu umschliessen, und geht den Mühlener Winkel umfassend bei Gstadt wieder in den Weitsee hinaus. Die Inselgruppe selbst steht durch die sogenannten „Seichten“ unter-

[1]) H. Prof. Dr. E. Bayberger sei auch an dieser Stelle für Überlassen der einschlägigen Aufzeichnungen bestens gedankt.

seeisch in Verbindung und durch die Bodenschwelle Urfahren-Herreninsel mit dem Ufer, welche Schwelle an der tiefsten Stelle nur rund 5 m misst.

Auf Grund dieser Isobathen hat nun E. Bayberger die Wassermasse des Sees zu 2,204426 km^3 berechnet, woraus sich unter Berücksichtigung des Flächeninhaltes eine mittlere Tiefe von 24,47 m ergibt. Ist die Maximaltiefe von 73 m schon gering im Verhältnis zur Seefläche von 85,066 km^2, so unterscheidet diese geringe mittlere Tiefe den Chiemsee noch mehr von den anderen bayrischen Seen. Dieselbe ist eine Folge der seichten Buchten und besonders des flachen Strandes. In einer Uferentfernung von 50 m findet sich gewöhnlich erst eine Tiefe bis 1 m. Auch der Strand verläuft zum grössten Teile ebenso flach. Die Seefläche nimmt so bei einer Wasserstandserhöhung von 1 m (0,14 m bis 1,14 m Herrenwörther Pegel) um 9,625 km^2 zu, woraus sich aus dem mittleren Umfange von 68 km eine mittlere Strandbreite von rund 142 m berechnet, die bei Hochwasser überschwemmt wird. In der Mitte dieses Streifens ungefähr ist die Uferlinie des Mittelwassers, welche in den vor Wellengang geschützten Buchten durch eine bis 30 cm hohe Rasenböschung gut sichtbar ist.

Zweck und allgemeine Gesichtspunkte der folgenden Untersuchungen. Abgesehen „von der individuellen Bedeutung der Seichesforschung eines Sees, welche den limnimetrischen Kurven desselben einen hervorragenden Selbstwert verleiht“,[1]) musste sich die Erforschung der Seichesschwingungen des Chiemsees besonders empfehlen. Derselbe liegt nämlich in oroplastischer Beziehung zwischen den in ihren Seichesbewegungen schon erforschten seichten Plattensee und Georgesee einerseits und den tiefen Seen: Genfersee, Bodensee, Vierwaldstättersee und Starnbergersee andererseits, so dass die Ergebnisse eine weitere Prüfung der Theorie ermöglichen mussten. Ferner besitzt unser See keine ausgesprochene Längsrichtung, wie die schon erforschten Seen und nimmt deswegen, wie durch seine unregelmässige Oberflächengestalt und Beckenform, seine vielen Buchten und Halbinseln und die Grösse seiner Inseln, eine Sonderstellung gegenüber den schon untersuchten Seen ein. Eine Mannigfaltigkeit in den Schwingungsformen, wie Einflüsse der Beckenform auf die Seichesbewegungen konnten sich ergeben. Endlich versprachen die Untersuchungen wegen der eigentümlichen geographischen, wie meteorologischen Verhältnisse neue, wichtige Ergebnisse über die Ursachen der Seiches.

Die erste Aufgabe war, durch Vorversuche das Vorhandensein des Seichesphänomens überhaupt nachzuweisen und die Schwingungsrichtung einer eventuellen Hauptschwingung festzulegen. Sodann musste durch selbstregistrierende Limnimeter der

[1]) Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft in München für 1900/01 S. 56.

Wasserstand an möglichst vielen korrespondierenden Punkten längere Zeit aufgezeichnet werden. Durch Vergleich der verschiedenen Limnogramme konnte dann das Schwingungsbild des Sees mit seinen Knoten und Bäuchen festgelegt werden. An der Hand der Tiefenkarte war ferner bei einer Berechnung der Periodendauer der einzelnen Seiches eine Prüfung der herrschenden Theorie ermöglicht. Endlich mussten gleichzeitig mit dem Wasserstande die einschlägigen metereologischen Verhältnisse, wie Luftdruck und Wind, beobachtet werden, um auf die Ursachen der Seiches schliessen zu können. Dabei waren auch eventuelle Begleit- und Folgeerscheinungen der periodischen Seeschwankungen ins Auge zu fassen.

I. Voruntersuchungen.

1. Eventuelle Hauptschwingungsachse.

Die unregelmässige Oberflächengestalt wie Beckenform liessen schon im voraus vermuten, dass die periodischen Seeschwankungen unseres Sees, wenn solche überhaupt da sind, sehr zahlreich und kompliciert sein müssen. Bei Seen mit ausgesprochener Längsrichtung, wie es fast alle bis jetzt auf ihre Seiches erforschten Seen sind, ist von vorneherein klar, dass die Enden der Längsachse Stellen stärkster vertikaler Wasserbewegung sein müssen und diese waren sofort als erste Aufstellungsorte der Apparate ins Auge zu fassen.

Beim Chiemsee dagegen finden wir von den einzelnen Geographen ganz verschiedene diesbezügliche Angaben.[1]) Die Beckenform wies zunächst auf Seebruck als das eine nördliche Ende der Schwingungsachse einer Hauptschwingung hin; aber auch Chieming, das Ende der östlichen Ausbuchtung, war nicht auszuschliessen. Noch schwieriger war die Frage zu beantworten für das westliche Ende. Das Westufer des Inselsees oder die Südwestecke, die Irschener Bucht, kamen zunächst in Betracht. Aber auch eine Fortsetzung der Achse bis zu einer der beiden nordwestlichen Buchten war nicht unmöglich, wobei der Kailbachwinkel mit

[1]) Vgl. Mitteil. d. V. f. Erdk. zu Leipzig 1888 S. 8 ff.

seinem breiteren Eingange den Vorrang zu verdienen schien. Hierüber musste zunächst Klarheit verschafft werden; denn nur wenn die Hauptschwingung untersucht ist, kann an eine Aufklärung eventueller Partial- und Oberschwingungen mit Aussicht auf Erfolg gegangen werden.

2. Vorversuche mit dem Plemyrameter.

Beschreibung des Instrumentes. Als erstes Instrument zur vorläufigen Untersuchung der Seiches des Chiemsees wurde ein sogenanntes Plemyrameter benützt, das nach dem Prinzipe des von F. A. Forel am Genfersee und anderen Schweizerseen verwendeten Instrumentes konstruiert war.[1]) Forel hatte bekanntlich an dem engeren Eingange des Hafens von Morges mit den Seiches zusammenhängende Strömungen beobachtet dergestalt, dass bei Steigen des Sees das Wasser in den Hafen, bei Fallen aus demselben strömte. Aus der Dauer dieser periodischen Strömungen bestimmte er die Schwingungsdauer der Seiches. Diesem Vorgange bildete er sein Plemyrameter nach, indem er ein Gefäss in eine Vertiefung am Ufer stellte und einen Schlauch als Kommunikation benützte, so dass dessen eines Ende in dem Behälter, dessen anderes im See sich befand. An dem horizontal verlaufenden Teile war der Schlauch mit einer Glasröhre versehen, so dass an einer in derselben befindlichen schwimmenden Marke die durch die minimalste Niveaudifferenz erzeugte Strömung in und aus dem Gefässe beobachtet, und die Dauer der Seichesschwingungen so bestimmt werden konnte. Der am Chiemsee zunächst verwendete Schlauch hatte eine Länge von 2 m und eine Weite von 0,8 cm, der Behälter einen Durchmesser von 3 dm.

Beobachtungen. Der erste Versuch mit dem Plemyrameter wurde am Nordende des Sees bei Seebruck — etwa 200 m östlich des Abflusses — gemacht. Am 22. Mai 1901 wurden zwischen 6^{37}a. m bis 7^{56}a. m folgende Zeiten für das Steigen und Fallen des Sees notiert:

Steigt: 6^{37} (6^{39}), 7^{00} (7^{01}), 7^{15} (7^{16}), 7^{32} ( ) 7^{37}, 7^{46},
Fällt: 6^{53} (6^{56}), 7^{03} (7^{05}), 7^{26} (7^{28}), 7^{34} (7^{36}), 7^{39} (7^{41}), 7^{56}.

Hieraus: $T_1 = 23$, 15, 17, 5, 9
„ $T_2 = 10$, 23, 8, 5, 7;

wobei T_1 die Zeit in Min. vom tiefsten Stand des Sees bis zum nächsten tiefsten Stand und T_2 vom höchsten Stand bis zum nächsten höchsten Stand in Minuten angibt.

Obwohl das Wetter ruhig und der Seespiegel glatt war, zeigten sich lebhafte Wasserstandsänderungen, in welchen Seiches des Chiemsees zu erblicken waren. Aus obigen Zahlen aber eine periodische Bewegung herauszulesen und eine Periodendauer anzugeben, ist nicht möglich.

Die Versuche wurden während der Monate Juni, Juli und August 1901 bei verschiedenen Witterungsverhältnissen wiederholt,

[1]) F. A. Forel, Le Léman II. Lausanne 1895 S. 88.

um vielleicht günstigere Schwingungsverhältnisse anzutreffen. Zugleich wurde versucht, durch Verengung des Schlauches die Schwingungen kürzerer Dauer abzuhalten. Auch durch Kurvendarstellung der Beobachtungen[1]) wurde versucht, Schwingungen längerer Periodendauer herauszuschälen. Zugleich wurden acht weitere Beobachtungspunkte ausgewählt und an einem Tage an mehreren derselben Versuche angestellt.

Ergebnisse: In Seebruck war eine Periode von ungefähr 14 Min., 11 Min. und 8 Min. häufig und deutlich zu erkennen. In Chieming, der Mitte des Ostufers, waren die Wasserstandsänderung ruhiger und eine häufige Seiche von rund 17 Min. zu beobachten. In Hagenau, am Eingange in den Grabenstätter Winkel und in Feldwies, am Eingange in die gleichbenannte Bucht, waren die Schwingungsverhältnisse ähnlich denen in Seebruck. Im Irschener Winkel, der Südostecke des Sees, im Kailbach- und Mühlener-Winkel ergaben die Versuche etwas regelmässigere Schwankungen, wobei eine Periode von 15 bis 17 Min. gewöhnlich gefunden wurde. Im Aiterbacher Winkel nur war eine Seiche von längerer Dauer zu erkennen, wenn auch in ihrer ungefähren Dauer nicht zu schätzen. Dass eine gleichzeitige Beobachtung an drei verschiedenen Punkten[2]) keine vergleichbaren Resultate lieferte, werden wir später sehr begreiflich finden.

So haben also die sehr zeitraubenden Vorversuche mit dem Plemyrameter — es waren im ganzen 56 Beobachtungsstunden, welche sich auf 26 Tage verteilten — an unserem See nur das Resultat ergeben, dass der Seespiegel ständig in Bewegung ist und dass diese Bewegungen sehr mannigfach und kompliciert sind wegen der vielen Partial- und Oberschwingungen.

3. Vorversuche mit dem Zeigerlimnimeter.

Ablesen der Amplitude. Schon während der obigen Beobachtungen war versucht worden, die Amplitude der Schwingungen d. i. die vertikale Veränderung des Wasserstandes (gleich der doppelten Amplitude in der Wellenlehre) durch Ablesen des Standes an einem im Gefässe angebrachten Massstabe (von Min. zu Min.) zu erhalten. Aber durch die Kleinheit der Amplitude — sie betrug gewöhnlich nur einige Millimeter — und durch die unbequeme Lage des Massstabes war die Beobachtung sehr erschwert. Da aber nur eine genaue graphische Darstellung der Wasserstandsänderungen eine Aufklärung über die komplicierten Seeschwankungen zu geben versprach, wurde folgender einfache Apparat konstruiert, der die genaue Grösse der jeweiligen Schwankung abzulesen gestattete und eine graphische Darstellung ermöglichte.

[1]) F. A. Forel, deuxième étude sur les seiches Bull. S. V. S. Nr. XII. 213 Lausanne 1873.

[2]) Meiner Frau, meinem Freunde H. Gymnasiallehrer G. Eichhorn und H. Hauptlehrer Kirchmayr in Übersee sei auch an dieser Stelle für die diesbezüglichen Dienste bestens gedankt.

Beschreibung des Zeigerlimnimeter. Der Schwimmer, ein flaches cylindrisches Gefäss, hängt an einer Schnur mit Gegengewicht über einer Rolle, welche mit einem Stifte an dem Rande eines Steges befestigt wird, sodass der Schwimmer in das Gefäss des oben beschriebenen Plemyrameters taucht. Die Rolle trägt einen Zeiger, der auf einer dahinter befindlichen kreisförmigen Skala spielt. Der Schwimmer macht die kleinsten Bewegungen des Wassers im Behälter mit, bewegt die Rolle mit Gegengewicht und dadurch den Zeiger, der die Bewegung vergrössert auf der Skala anzeigt. Die Bewegungen des Zeigers können mit derjenigen der Marke des Plemyrameters verglichen werden, wodurch eine Kontrole der Empfindlichkeit ermöglicht ist.

Dieses ebenso einfache als leicht transportable Instrument[1]) erfüllte nicht nur seinen Zweck bei den Vorversuchen vollständig, sondern erwies sich auch bei den Hauptbeobachtungen als sehr geeignetes Mittel zu gleichzeitigen Aufnahmen des Wasserstandes an den verschiedensten Punkten des Sees.

Beobachtungen mit dem Zeigerlimnimeter. Mit diesem Instrumente — es sei, wie schon oben, von nun an Zeigerlimnimeter genannt — wurden die Voruntersuchungen am 20. September 1901 wieder aufgenommen und zwar in Seebruck. Die Ablesung des Wasserstandes erfolgte jede Minute, und derselbe wurde sofort als Ordinate der Kurve eingetragen, deren Abscisse die Zeit war. Das Ergebnis war eine Interferenzkurve, welche deutlich eine Seiche von im Mittel $155^m : 10 = 15{,}5$ Minuten und eine zweite von $155^m : 22 = 7{,}05$ Minuten Periodendauer ergab. Weitere Beobachtungen an dieser Station, dann in Chieming und Feldwies lieferten keine Schwankungen längerer Dauer, gaben aber wichtige Anhaltspunkte zur Aufklärung der Schwingungen kürzerer Dauer. Eine 6stündige Beobachtungszeit in Schafwaschen, im Aiterbachwinkel, ergab die erste Seiche längerer Dauer und zwar $245^m : 8 = 30{,}08$ Minuten.

Am 20. Oktober wurde nun begonnen mit zwei solchen Zeigerlimnimetern gleichzeitig an zwei Punkten den Wasserstand zu registrieren und zwar in Seebruck und Schafwaschen.[2]) Bei dieser Gelegenheit zeigten sich in Schafwaschen zum erstenmal 5 deutliche Schwingungen von $210^m : 5 = 42{,}00$ Min. Dauer. Die Amplitude betrug 8 mm. Infolge der komplicierten Interferenzkurve konnte obige Seiche in Seebruck nicht herausgefunden werden, auch nicht, nachdem die Kurven genau übereinander gezeichnet waren. 5 weitere Beobachtungen (1. Chieming-Schaf-

[1]) Da das Gefäss für das Plemyrameter und ein kleineres flaches als Schwimmer überall erhältlich sind, so braucht ausser dem Schlauche nur die Rolle mit Schnur, Zeiger und Skala (fächerartig zusammenlegbar) und Drahtstift mitgeführt zu werden; als Gegengewicht kann ein Stein dienen.

[2]) Durch die Unterstützung der schon genannten Hilfsbeobachter wie weiterhin des gepr. Lehramtskandidaten Herrn W. Frank, und des Privatstudierenden Herrn F. Huber waren die gleichzeitigen Untersuchungen ermöglicht.

waschen, 2. Seebruck-Mühlen-Schafwaschen, 3. Chieming-Seebruck) ergaben aus den gleichen Gründen, wie oben, über die Schwingungen längerer Dauer keine Aufklärung. Erst am 13. November konnte bei gleichzeitiger Beobachtung Seebruck-Irschener Bucht-Schafwaschen die 42 Minuten-Seiche auch in Seebruck mit deutlich entgegengesetzter Phase nachgewiesen werden. (Dies war nur dadurch möglich, dass der Schlauch an dem im See befindlichen Ende bis auf eine kleine Öffnung geschlossen wurde, so dass die Seiches kürzerer Dauer sehr gedämpft wurden.) In Felden, an der Irschener Bucht, war die Schwingung nicht zu finden. (Vgl. Tafel II Fig. 1.)

So waren die mühevollen zeitraubenden Vorversuche wenigstens mit dem Erfolge gekrönt, dass die vermutliche Hauptschwingung von 42 Minuten Dauer mit den Enden ihrer Schwingungsachse, nämlich Schafwaschen und Seebruck, bekannt war, ferner das Vorhandensein einer weiteren Schwingung von 30 Min. ungefährer Dauer, wie vieler Schwingungen kürzerer Dauer nachgewiesen war, für welch letztere durch die gleichzeitigen Aufnahmen mit dem Zeigerlimnimeter wichtiges Beobachtungsmaterial vorhanden war, das später Verwendung finden konnte.

4. Vorversuche am Beckenmodelle des Chiemsees.

Das Experiment in kleinen regelmässigen Seebecken hat viel zur Aufklärung der Seichesbewegungen des Genfersees beigetragen.[1]) Es wurde nun versucht weiter Klarheit in die Schwingungsmöglichkeiten eines Sees mit so unregelmässigem Becken dadurch zu bringen, dass an einem künstlichen Modelle dieses Beckens die möglichen Schwingungen studiert wurden.

Das Modell wurde nach der Tiefenkarte von E. Bayberger im Masstabe 1:50000 und einer rund dreissigfachen Vervielfachung der Tiefe hergestellt, indem aus dünnen Brettchen die 70 m Tiefenquote, die von 50 m, die von 10 m und die Uferlinie ausgeschnitten, in entsprechenden Abstand übereinander gelegt und mit Bildhauerlehm ausgestrichen wurden. Von dieser Form wurde sodann ein Gypsabguss gemacht.

Als Füllung dieses Gypsmodelles wurde Quecksilber benützt. Die Schwingungen wurden erregt durch einseitiges Heben und Senken des Beckens, Ansaugen und Fallenlassen der Flüssigkeit mittels eines Trichters oder auch durch taktmässiges Eintauchen und Herausziehen eines flachen Gegenstandes von entsprechender Grösse. Das Zählen der Schwingungen erfolgte an den Reflexionsbildern des Quecksilbers mittels eines Metronoms.

Beobachtet wurde:

1) Eine uninodale Schwingung Aiterbach-Seebruck von 2,038 Sekunden Dauer; sie konnte nur im Aiterbachwinkel gezählt

[1]) Torel, Le Lémann II. S. 65 ff.

werden, da sie stets an den übrigen Enden und Buchten von vielen Teilschwingungen begleitet war. Bei grosser Amplitude war sie auch in Seebruck mit entgegengesetzter Phase gut zu erkennen, besonders, wenn die Buchten abgesperrt waren. Die Dauer änderte sich dabei nicht.

2.) Eine uninodale Schwingung Seebruck-Grabenstätter Winkel von 0,857 Sekunden Dauer.

3.) [Der hintere Inselsee westlich der Herreninsel abgesperrt.] Eine uninodale Seiche Seebruck-Irschner Winkel von 1,333 Sek. Periodendauer.

4.) [Aiterbachwinkel abgesperrt]. Eine trinodale Seiche Seebruck-Feldwies-Irschner Winkel-Kailbach von 0,818 Sek. Dauer.

5.) Eine uninodale Schwingung Seebruck-Mühlener Winkel von 1,100 Sek. Dauer.

6.) Eine binodale Seiche Seebruck-Grabenstätt, welche nie rein erhalten wurde, so dass ihre Periodendauer nicht anzugeben ist.

7.) Oberschwingungen geringerer Dauer, welche ebenfalls nie rein zu erhalten waren.

Die Dauer der erhaltenen Schwingungen wurde auf die Wirklichkeit umgerechnet. Bei der P. Du Bois'schen Formel für die Schwingungsdauer (vgl. Abschnitt VI) tritt zum Zähler der Faktor 50000, zum Nenner $\sqrt{50000 : 30}$; vor den Bruch also $\sqrt{30 . 50000}$; mit 60 dividiert = 20,41, womit die jeweils erhaltene Dauer zu vermehren ist, um die wirkliche Dauer in Minuten zu erhalten. Hieraus ergibt sich:

1.) 2,038 . 20,41 Min. = 41,58 Min.
2.) 0,857 . 20,41 Min. = 17,49 Min.
3.) 1,333 . 20,41 Min. = 27,21 Min.
4.) 1,10 . 20,41 Min. = 22,45 Min.
5.) 0,818 . 20,41 Min. = 16,69 Min.

Durch diese Versuche war also die vermutete Hauptachse Seebruck-Schafwaschen abermals bestätigt. Dazu kam die Periodendauer der am See erhaltenen (42,00 Min.) sehr nahe. Da aber das Becken nie so genau geformt werden kann und geringe Abweichungen der Tiefe und Beckenform schon einen bedeutenden Einfluss auf die Schwingungsform und Dauer haben können, so liessen die erhaltenen Seiches noch keinen Schluss auf die Wirklichkeit zu. Doch waren für die spätere Untersuchung der Partial- und Oberschwingungen weitere Aufstellungsorte der Apparate gegeben.

II. Die selbstregistrierenden Limnimeter und allgemeine Diskussion ihrer Aufzeichnungen.

A. Die selbstregistrierenden Limnimeter.

1. Beschreibung.

Wie die Voruntersuchungen zur Genüge ergaben, ist ein genaueres Studium der Seeschwankungen eines Sees nur möglich, wenn die Wasserstandsänderungen zu jeder Tageszeit und bei jedem Witterungscharakter ununterbrochen beobachtet werden, was allein durch Registrierapparate geschehen kann.

Zwei solche Apparate „Limnimètres enregistrateurs transportables", System Sarasin, welche von der kgl. bayr. Akademie der Wissenschaften aus den Mitteln der Münchener Bürgerstiftung angeschafft worden waren, wurden durch die gütige Vermittlung von Herrn Professor Dr. H. Ebert mir für meine Untersuchungen zur Verfügung gestellt. Die Apparate waren unter Leitung von E. Sarasin nach seinen langjährigen reichen Erfahrungen auf dem Gebiete der Seichesforschungen hergestellt und bereits zwei Jahre am Starnbergersee tätig gewesen. Da eine ausführliche Beschreibung schon an anderer Stelle[1]) erschienen ist, mag eine kurze Skizze derselben hier genügen.

Der Schwimmer mit Schwimmerstange hängt durch ein Kupferband, das durch ein Gegengewicht gespannt wird, über einer vertikalen Scheibe. Beim Steigen und Fallen des Sees wird so die Vertikalbewegung in eine Drehbewegung umgesetzt. Die Achse der Scheibe setzt sich durch eine Verbindungsstange mit zwei Universalgelenken in das Innere des Registrierwerkes fort und dreht eine zweite gezahnte Scheibe von gleicher Grösse. Auf ihr und einer weiteren ruht eine horizontale Schiene, welche in einer vertikalen Führung den Schreibstift trägt, so dass der Stift um die gleichen Beträge hin und her geführt wird, um welche der Schwimmer sich auf und ab bewegt. Unter diesem Stifte wird durch ein kräftiges Genferfederuhrwerk ein Papierstreifen gleichmässig vorbeigezogen. Dabei zeichnet ein zweiter vertikaler Stift eine gerade Linie längs des Papierstreifens, welche den mittleren Wasserstand anzeigt. Zugleich macht dieser Stift nach bestimmter Zeit eine Marke, wodurch der zu jedem Wasserstand gehörige Zeitpunkt bestimmt ist.

Der Schwimmer befindet sich in einem Schutzcylinder, der durch eine Öffnung am Boden mit dem Seewasser kommuniziert.[2])

[1]) Jahresbericht der Geogr. Gesellschaft in München 1900/01 Heft III (mit Abbildung) und eine fachmännische in der Zeitschrift für Instrumentenkunde, Berlin 1901, von H. Ebert, und eine kürzere in dem „Sitzungsber. d. k. B. Akademie d. Wiss. Bd. XXX H. III vom gleichen Verfasser.

[2]) Herrn gepr. Lehramtskandidaten und Leutnant a. D. Schnitzlein sei auch an dieser Stelle für die freundliche Unterweisung in der Behand-

Diese Limnimeter haben sich auch am Chiemsee vollständig bewährt. Sie haben nicht nur jeder Witterung getrotzt, sondern erwiesen sich auch als sehr empfindlich, als ein Schwimmer von 44 cm Durchmesser verwendet wurde, so dass der Auftrieb bei 1 mm Wasserstandsänderung 152 g betrug.

2. Fehlerquellen.

Als mögliche Fehlerquellen der Apparate sind zu erwähnen: 1.) Ein eventueller unregelmässiger Streifengang, der durch die Beschaffenheit des Papiers bedingt werden kann; dieser Fehler kann durch die Zeitmarken vollständig korrigiert werden. 2.) Unregelmässigkeiten im Gange der Uhr selbst; diese können für längere Zeiträume durch Eintragen der jeweiligen Bahnzeit verbessert werden. 3.) Der Einfluss der Temperaturänderung auf den Umfang der den Papierstreifen bewegenden Walze; dieser beträgt jedoch bei einer Temperaturänderung von 30°C pro 1,50 m Streifengang kaum 1 Minute.

Von den eventuellen Fehlern bei der Registrierung der Grösse der Seespiegeländerungen sind anzuführen: 1.) Die Längenänderung der Schwimmerstange von 2,00 m Länge bei einer Temperaturdifferenz von 30°; diese berechnet sich zu 1,2 mm, welche sich als Änderung des Wasserstandes äussert. 2.) Die Volumenänderung des eintauchenden Teiles des Schwimmers; dieselbe beträgt bei 20° Temperaturänderung nur 4,2 ccm und wird durch eine unmessbare Hebung, bezw. Senkung desselben ausgeglichen. 3.) Das wechselnde Gewicht des Kupferbandes, das bald in dem einen, bald in dem anderen Sinne wirkt; dasselbe kommt bei dem grossen Querschnitt des Schwimmers nicht in Betracht. 4.) Der tote Gang des Zahnrades, derselbe betrug nur 0,5 mm.

Alle diese Fehlerquellen sind also sehr gering, und der Fehler, der von Temperaturänderungen herrührt, kommt bei der Messung der sich in wenigen Minuten vollziehenden Wasserstandsänderungen ebenfalls nicht in Betracht.

Zwei andere Umstände vergrösserten den toten Gang zeitweise. Einmal wurden die Gelenke der Verbindungsstange zwischen Pegel und Registrierapparat zeitweise lose, da sich bei starkem Wellengang die unzähligen Erschütterungen des Schwimmers durch diese Gelenke auf die Rollen und die Schiene im Registrierapparat übertragen. Wenn jedes der 4 Gelenke nur um $^1/_{10}$ mm nachgibt, beträgt der Fehler bereits 2,00 mm, da der Durchmesser des Zahnrades rund 5mal so gross ist wie ein Gelenk. Dann wurde durch irgend welche Ursache die gegenseitige Lage von Pegel und Registrierapparat verändert, so dass bei der unveränderlichen Länge der Verbindungsstange die beiden durch sie verbundenen Messingscheiben stark an ihre Lager ge-

lung der Apparate anlässlich der Besichtigung derselben am Starnbergersee bestens gedankt.

zogen bezw. gedrückt wurden, wodurch infolge der Reibung der tote Gang sehr vergrössert wurde. Beide Fehler sind sofort an den abgeschnittenen Kurvenzügen zu erkennen. Bei der Kontrole der Apparate konnten sie leicht behoben werden. Kennt man den toten Gang,[1]) so kann nachträglich die wahre Gestalt der Kurve bestimmt werden.[2])

B. Allgemeine Diskussion des Kurvenmateriales.

1. Einfache Schwingungen und Interferenz solcher gleicher Periodendauer.

Diese Apparate registrieren nun den Wasserstand an dem jeweiligen Aufstellungsorte. Die Limnogramme sind Kurven mit der Wasserstandsänderung als Ordinate und der Zeit als Abscisse, wobei bei dem raschen Streifengang 1mm = 1m und bei dem langsamen 1mm = 3m bedeuten. Wenn eine einfache Schwingung den See beherrscht, so verzeichnet das Limnimeter eine reine Sinuskurve. Die Schwingungsdauer kann aus den einzelnen Kurvenzügen gemessen werden, indem man den Abstand zweier aufeinanderfolgenden höchsten oder tiefsten Kurvenpunkte auf der Abscissenachse bestimmt.

Nun weichen in den Limnogrammen des Chiemsees nicht nur die einzelnen Schwingungen, sondern auch die Mittel aus ganzen Reihen, wie Gruppen derselben Reihe in ihrer Dauer oft bedeutend von einander ab. Auch Forel konstatiert dies an den Limnimeterkurven des Lèman und glaubt, dass die einzelnen Schwingungen nicht gleiche Dauer hätten und der Unterschied in den Mitteln also davon herrühre.[3]) Das Kurvenmaterial des Chiemsees aber gibt Grund zu der Annahme, dass die Abweichungen der Mittel aus reinen Seichesreihen hauptsächlich davon herrühren, dass eine gleiche Ursache wie die, welche die augenblicklich herrschende Seichesreihe erzeugt hat, nach einiger Zeit abermals Seeschwankungen von gleicher Periodendauer erzeugen kann, die mit der herrschenden interferieren.

Wir dürfen, um diesen Vorgang näher zu betrachten, die allbekannten Gesetze der Wellenlehre anwenden. Eine einfache Wellenbewegung von der Periodendauer T (Min.) und der Amplitude a (mm, welche gleich der Hälfte der von uns eingeführten Amplitude ist) stellt sich dar in der Form:

$$y = a \sin 2\pi \frac{t}{T} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{I.}$$

wobei y den Abstand des Stiftes vom Mittelniveau zur Zeit t, gerechnet vom Anfangspunkte der 1. Schwingung, und 2π den Umfang des Einheitskreises bedeuten.

[1]) Durch gleichzeitige Beobachtungen mit dem Zeigerlimnimeter wurde derselbe zeitweise bestimmt.

[2]) E. v. Cholnoky, Limnologie des Plattensees. Wien 1897, S. 9.

[3]) F. A. Forel, Le Léman II. S. 120 ff.

Die neuerregte Bewegung, welche um d Min. später beginnt, hat dann die Form:

$$y' = b \sin 2\pi \frac{t-d}{T} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{II.}$$

Die resultierende Bewegung stellt sich nach einfachen Umformungen dar in der Form:

$$Y = y' + y = A \sin 2\pi \frac{t-D}{T} \quad \ldots\ldots\ldots \text{III.}$$

$$\text{wobei } \operatorname{tang} 2\pi \frac{D}{T} = \frac{a \sin 2\pi \frac{d}{T}}{a + b \cos 2\pi \frac{d}{T}} \quad \ldots\ldots \text{IV.}$$

$$\text{und } A^2 = a^2 + 2ab \cos 2\pi \frac{d}{T} + b^2 \quad \ldots \text{V.}$$

Aus Gl. III folgt, dass die resultierende Bewegung eine Seiche von gleicher Periodendauer (T) ist, dass dieselbe aber eine andere Amplitude (A) und eine Phasenverschiebung (D) gegen die ursprüngliche Bewegung aufweist.

Geht man also bei der Vermessung einer Seichesreihe über eine solche Stelle hinweg, so wird das Mittel je nach der Zahl der zusammengenommenen Schwingungen (n) um $\pm \frac{D}{n}$ Min. vom wahren Werte der Dauer abweichen, wobei D alle Werte von 0 bis T erreichen kann.

Ist die neue Amplitude A grösser als die ursprüngliche a, so ist die Stelle im Limnogramme sofort erkenntlich, wo eine Phasenverschiebung stattgefunden haben kann. Diese kann durch Vermessen vor und nach dieser Stelle eliminiert werden. Ist dagegen die neue Amplitude A gleich der früheren a oder nur wenig kleiner, so wird die Stelle der Störung leicht übersehen werden. Wie aus den Gleichungen III, IV und V leicht ersichtlich ist,[1]) können dabei doch Phasenverschiebungen von 0 bis $\frac{T}{2}$ stattgefunden haben.

Umgekehrt sieht man, dass die Amplitude b der mit der 1. Seiche interferierenden Schwingung aus der resultierenden Schwingungsweite A und der Phasenverschiebung D, wie der ursprünglichen Amplitude a jederzeit berechnet werden kann.

Nun ist einzusehen und aus späteren Ergebnissen am Chiemsee (Abschnitt VII) erwiesen, dass mehrere solche Ursachen, die neue Seiches erregen, in einigen Stunden, um so mehr in ganzen Tagen aufeinanderfolgen werden. Jede wird im allgemeinen eine

---

[1]) Aus V folgt nämlich für $A = a$: „$\cos 2\pi \frac{d}{T} = -\frac{b}{2a}$ d. h. die Annahme $A = a$ ist nur möglich, wenn $b \leq 2a$ und wenn $d \geq (n\,T +) \frac{T}{4}$ und V $\prec (n\,T +) \frac{3T}{4}$ ist.

Ist $b = 2a$ (und $A = a$), so ist $d = (n\,T +) \frac{T}{2}$; und $D = (n\,T +) \frac{T}{2}$ aus IV.

Phasenänderung der herrschenden Schwingung zur Folge haben.[1]) Sämtliche Phasenänderungen können nun in demselben Sinne, etwa positiv, wirken und das Mittel vergrössern. Im allgemeinen aber werden die einen positiv und die andern negativ wirken und so zum grössten Teile sich aufheben. Ein Unterschied von 1,4 Min. bei einer Periodendauer von 73,5 Min., wie Forel an angeführter Stelle angibt, lässt sich auf die angegebene Weise wohl erklären. Ebenso ist klar, dass während der längsten Seichesreihe des Lèman, welche sich über 8 Tage erstreckte, wiederholt neue Reihen entstanden sein werden, so dass auch die abweichenden Mittel über die einzelnen Gruppen dieser Reihe aus der besprochenen Interferenz sich erklären dürften.[2])

2. Interferenz von Schwingungen verschiedener Dauer.

Die Limnogramme des Chiemsees enthalten selten einfache Schwingungen; es treten vielmehr gleichzeitig mehrere Schwankungen verschiedener Dauer auf, die zum Teil sehr komplizierte Kurvenbilder geben, wie sie an keinem der erforschten Seen bis jetzt gefunden wurden. Um die einzelnen Schwingungsperioden herauszuschälen, wäre eigentlich die harmonische Analyse notwendig gewesen.[3]) Jeder periodische Vorgang lässt sich durch eine Fouriersche Reihe darstellen. Die Entwickelung derselben gibt die Periodendauer, die Phasenverschiebung und das Amplitudenverhältnis der interferierenden Schwingungen. Diese Rechnung an dem umfangreichen Kurvenmaterial mit immer wechselnden Formen vorzunehmen, war nicht möglich. Und ein harmonischer Analysator, der diese Arbeit durch mechanischen Integrationsprocess ersetzt, stand mir nicht zur Verfügung. Um das schwierige Studium des komplizierten Kurvenmateriales mir dennoch zu ermöglichen, bin ich daher so vorgegangen, dass ich nach den ungefähr bestimmten Schwingungsdauern Kurven zusammensetzte und diese mit den Limnimeterkurven verglich. Hiedurch konnte erkannt werden, welche Schwingungen in den einzelnen Fällen zusammentraten, und dann die Periodendauer derselben genauer ermittelt werden.

Einteilung der verschiedenen Formen der Interferenzkurven zweier Schwingungen. Die Form der Interferenzkurve zweier Schwingungen hängt ab: 1.) von der Phasenverschiebung, 2.) vom Amplitudenverhältnis, 3.) vom Verhältnis der Periodendauern.

Um sämtliche Formen für jede Phasenverschiebung zu erhalten, wurden die Interferenzkurven der Schwingungen von solcher Länge gezeichnet, bis dieselbe Form wiederkehrte. Bei dem allgemeinen Verhältnisse zweier Schwingungsdauern $T : T_1$ (wobei T und T_1 keinen gemeinsamen Faktor haben), tritt erst

[1]) Vgl. Beispiel: Schafwaschen, 2. Mai 12^{10}. Tafel II. Fig. 2.
[2]) Forel, Le Léman II. S. 121.
[3]) H. Ebert, Sitz.-Ber. usw. S. 457; cit. S. 10.[1])

nach $T : T_1$ Min. dieselbe Form wieder auf.[1]) Da aber das Verhältnis der Schwingungsdauern der wirklichen Seiches des Sees nicht ganzzahlig und endlich ist, so stimmt die Form mit der wirklichen nicht vollständig überein. Eine genaue Zeichnung wäre aber auch deshalb nutzlos gewesen, weil die Formen der Interferenzkurven in den Limnogrammen nie diejenige einer exakten Zeichnung beibehalten. Die Amplitude der einen Schwingung nimmt gewöhnlich rascher ab als die der anderen. Dazu kommen Verzerrungen durch aperiodische Schwankungen und Phasenverschiebungen durch hinzutretende Seiches.

Um die verschiedenen Formen bei anderem Amplitudenverhältnis kenntlich zu machen, wurden für zwei entsprechende Schwingungen drei Interferenzkurven gezeichnet, in welchen die Amplitude der einen einmal doppelt, dann gleich und drittens halb so gross war, wie die der andern. Die Hauptformen der betreffenden Interferenzkurven waren damit gekennzeichnet.

Nach dem Verhältnis der Periodendauern lassen sich drei verschiedene Typen von Interferenzkurven angeben. 1.) Ist das Verhältnis $\frac{T}{T_1} > 2$, so zackt die Oberschwingung die Grundschwingung nur aus, und die Grundschwingung erscheint umso deutlicher, je grösser besagtes Verhältnis ist. (In der Musik sind es 2 Töne mit einem Intervall grösser als die Oktav.) Als Beispiel diene der noch später verwendete Kurvenzug aus dem Seebrucker Limnogramm Tafel II Fig. 6, wo die 8 Min.-Seiche die von 43 Min. auszackt und $T : T_1 = 43 : 8 = 5{,}37$ ist.

2.) Ist das Verhältnis $\frac{T}{T_1} \leq 2 \atop > 1{,}5$ [2]) so wandert die Oberschwingung auf der Grundschwingung nach vorwärts (in der Musik die Intervalle von Quint bis Oktav). Als Beispiel diene die Kurve aus dem Feldner Limnogramme Tafel II Fig. 21, wo die 29 Min.-Seiche und die von 16 Min. zusammentreten u. $\frac{T}{T_1} = 1{,}8$ ist.

3.) Ist das Verhältnis $\frac{T}{T_1} \leq 1{,}5$, so kehren bestimmte Gruppen in der Interferenzkurve periodisch wieder, bei welchen die Amplitude allmählich wächst bis zu einem Maximum, um dann wieder abzunehmen und das Spiel in der nächsten Gruppe zu wiederholen. Hiebei kommen auf n Grundschwingungen $n + 1$ Oberschwingungen und bei rationalem Verhältnisse der Dauer ist $n = \frac{T_1}{T - T_1}$ (In der Musik gehören hierher die Intervalle kleiner als die Quint). Als Beispiel diene die Kurve aus dem Seebrucker Limnogramme (Tafel II Fig. 15), wobei auf ungefähr 10 Schwin-

[1]) Bei der Ausführung braucht nur die Hälfte des Kurvenzuges ($\frac{T.T_1}{2}$ Min.) entworfen zu werden, da die 2. Hälfte das verkehrte Bild der 1. ist.

[2]) Die Verhältnisse $\frac{T}{T_1} = 2$ und $= 1{,}5$ geben für jeden Phasenunterschied eine andere Form. Dieselben kommen am See nicht vor.

gungen von 9,5 Min. Dauer 9 von 10,8 Min. Dauer kommen, und die Kurve aus dem Feldwieser Limnogramme, wo auf 8 Seiches von 18 Min. 9 solche von 16 Min. treffen (Tafel II Fig. 9). Diese Kurvenzüge sind die graphische Darstellung der sogenannten Schwebungen in der Akustik; wie hier die Amplitude, so wächst dort die Tonstärke allmählich bis zu einem grössten Werte, um dann wieder abzunehmen.

Verwendung zur Ausmessung der Interferenzkurven am Chiemsee. Sämtliche der oben angeführten Kurvenbilder sind in den Limnogrammen des Chiemsees zu finden. Während die beiden ersten Formen auch an anderen Seen auftreten, sind die sogenannten Schwebungen in der Seichesliteratur nicht zu finden. Am Chiemsee treten sie häufig und mannigfach auf.

Aus den Schwebungen kann die Periodendauer leicht gemessen werden und besonders, wenn die eine Dauer genau bekannt ist, die andere ebenso genau berechnet werden, da man die Zahl der aufeinanderfallenden Schwingungen bestimmen kann. Ebenso lassen sich die Amplituden der sich zusammensetzenden Schwingungen leicht messen, indem die höchste Stelle der Gruppen die Summe und die niedrigste die Differenz der Einzelamplituden ergibt. Auch die entsprechenden Phasen der Schwingungen an zwei verschiedenen Stationen lassen sich ohne ganz genaue Zeitmarke angeben, wenn die Phase der einen davon bekannt ist. Haben die Schwebungen gleichen Gang, so ist die Phase der zweiten die gleiche, haben sie entgegengesetzten Gang, so ist die Phase der zweiten die entgegengesetzte der ersten.

Auch die Interferenzkurven der Schwingungen von 43 Min. und 29 Min. ungefährer Periodendauer gehört zu der dritten Art der Kurven, da $\frac{T}{T_1} = 1{,}48 < 1{,}5$ ist. Diese Kurve tritt an einer der Hauptbeobachtungsstationen (Schafwaschen) des Chiemsees fast ständig auf, sodass die Vermessungen der beiden Seiches fast immer an einer Interferenzkurve vorgenommen werden mussten. Um den Messungsfehler zu verkleinern, wurden nur längere Reihen gemessen und wo kürzere gemessen werden mussten, wurde durch Vergleich mit den gezeichneten Kurvenbildern der dem Anfangspunkte der Reihe entsprechende Punkt aus dem letzten Kurvenzug der Interferenzkurve ausgesucht, sodass angenähert vom höchsten zum höchsten oder tiefsten zum tiefsten Punkte der Einzelschwingungen gemessen wurde.

Auch wenn die 43 Min.-Seiche scheinbar rein auftritt, wie am 20. August in Schafwaschen (vgl. Tafel II Fig. 3), so weichen die einzelnen Schwingungen (1. 41 m; 2. 46 m; 3. 40 m; 4. 50 m; 5. 40 m; 6. 42 m . . . .) in ihrer Periodendauer doch bis 16% von der mittleren Dauer von 43 Min. ab. In der Aufeinanderfolge einer kürzeren und dann wieder längeren Periodendauer ist angedeutet, dass auch diese scheinbar reine Seiche eine Interferenzkurve ist, wobei die Amplitude der 43 Min.-Seiche nur bedeutend

überwiegt [1]). Diese abwechselnd längere und kürzere Dauer der „dikroten Schwingungen" ist aus dem Kurvenbeispiele auf Tafel II Fig. 5, einer schönen Interferenzkurve der 43 Min.- und 29 Min.-Seiche, zu ersehen.

Bei der schon besprochenen Seichesreihe des Léman dürften diese Abweichungen der einzelnen Schwingungen (12. 78m; 13. 71m; 14. 78m; 15. 75m; 16. 67m . . . .) [2]) auch auf die verborgene binodale Seiche von 35,5 Min. Dauer zurückzuführen sein, da man bei diesen Werten ebenfalls den Wechsel sieht, der auch den dikroten Schwingungen des Léman eigen ist. Forel, der diese Abweichungen ebenso erklärt, will auch darin eine Erklärung der Unterschiede der Mittel aus verschiedenen Reihen erblicken. Beginnt man nämlich die Messung mit einem Kurvenzug kürzerer Dauer und schliesst die Reihe mit einem solchen, so kann die Messung bei einer geringen Zahl eine merkliche Abweichung des Mittels ergeben; aber bei Reihen von 30 und mehr Schwingungen ist dieser Einfluss verschwindend (nach obigen Zahlenangaben im Maximum + 0,2 m). Diese grösseren Abweichungen der Mittel sind am Chiemsee und vielleicht auch am Genfersee in der schon behandelten Interferenz neu auftretender Schwingungen derselben Dauer (wie auf S. 12 u. ff. näher behandelt) zu suchen [3]), worauf auch E. v. Cholnoky aufmerksam macht. [3]) Aperiodische Schwankungen dagegen, welche v. Cholnoky [4]) als Ursache dieser abweichenden Werte der am Léman aufeinanderfolgenden Schwingungen anführt, bringen am Chiemsee wohl eine Verzerrung des jeweiligen Kurvenzuges hervor, treten aber nicht mit solcher Regelmässigkeit auf, um diese so rasch aufeinanderfolgenden Abweichungen von Schwingung zu Schwingung zu erklären.

III. Die Beobachtungsergebnisse der beiden Limnimeter System Sarasin.

A. Beobachtungsergebnisse in Schafwaschen.

1. Aufstellung des Instrumentes und kurze Beschreibung der Limnogramme.

Aufstellung. Nachdem die Voruntersuchungen den Aiterbachwinkel als das eine westliche Ende der Hauptschwingungsachse

[1]) Eine Zeichnung, wobei die Amplitude der 43 Min.-Seiche das 5fache derjenigen der 29 Min.-Seiche ist, gibt eine sehr gute Übereinstimmung (Kurve nicht mitgeteilt).

[2]) Forel, Le Léman II. S. 121.

[3]) E. v. Cholnoky, Limnologie des Plattensee III. S. 48.

[4]) Ebenda S. 48.

deutlich ergeben hatten, und dort nur Schwingungen längerer Dauer rein aufgetreten waren, wurde eine Stelle in diesem Winkel, und zwar bei Schafwaschen, dem westlichsten Punkte des Sees, als Aufstellungsort des einen der Limnimeter, System Sarasin, gewählt. Auf der Rückseite eines dortigen Badehauses[1]) wurde das Instrument aufgestellt und zwar auf vier zu dem Zwecke eingerammten Pfählen. Die Stelle war 15 m von dem Ufer entfernt und hatte eine Tiefe von 1,2 m. Das Limnimeter funktionierte dort mit wenigen Stunden Unterbrechung vom 4. April 1902 bis 5. Dezember 1902, von da ab mit längeren Unterbrechungen, welche durch eingetretenen Frost bedingt waren, bis 1. Februar 1903.

Kurze Beschreibung der Limnogramme. Während dieser 10monatlichen Beobachtungszeit registrierte der Schreibstift ständig Seespiegelschwankungen. Nur wenn eine der besprochenen (S. 11) Störungen auftrat, zeichnete der Stift bei kleineren Seeschwankungen eine gerade Linie. Die Wasserstandschwankungen betrugen bis 300 mm. (Das Papier konnte nur 215 mm aufnehmen.) Eine genauere Vorstellung über die Grösse der Wasserstandsschwankungen dieser Station gibt die im VII. Abschnitt mitgeteilte Tabelle der grössten täglichen Denivellationen.

Das Kurvenbild ist fast ständig eine Interferenzkurve, zusammengesetzt aus einer Schwingung von rund 43 Min. und einer solchen von rund 29 Min. Dauer. Die häufigste Form ist die im vorigen Abschnitt besprochene, bei welcher die beiden Schwingungen fast gleiche Amplitude haben (vgl. Kurve vom 2. Juli $7\frac{21}{}$ p. m auf Tafel II Fig. 5). Die Schwingung kürzerer Dauer ist hier noch gut zu erkennen. Ein weiteres Beispiel von etwas anderer Form ist das vom 13. Mai 8^{50} p. m (Tafel II Fig. 4), wobei die 43 Min.-Seiche ungefähr die doppelte Schwingungsweite hat. Die Oberschwingung ist hier nur an der unregelmässigen Form der Grundschwingung zu erkennen, wobei die besprochenen Gruppen von je zwei Schwingungen deutlich hervortreten, auf welche drei Oberschwingungen kommen. Rein tritt die 43 Min.-Seiche eigentlich nie auf; eine der deutlichsten Formen ist schon im vorigen Abschnitt besprochen und auf Tafel II Fig. 3 und Fig. 6 mitgeteilt. Die Form der Interferenzkurve, in welcher die Amplitude der Oberschwingung überwiegt, ist ziemlich häufig zu finden, weil die Grundschwingung rascher abklingt. Als Beispiel diene das Limnogramm vom 7. August 3^{15} Tafel II Fig. 8, worin die 29 Min.-Seiche zuletzt fast rein auftritt. Nur am Ende einer Interferenzkurve findet man die 29 Min. Schwingung rein, dort aber sehr häufig.

Ausser den genannten Schwingungen zeigt sich im Schafwaschener Limnogramme eine Seiche von rund $37\frac{1}{2}$ Min. Dauer, aber sehr selten und in wenigen aufeinanderfolgenden Schwingungen.

[1]) Der Besitzer des Badehauses Herr B. Mayer erlaubte nicht nur in freundlichster Weise die Benützung des Steges, sondern übernahm auch die Bedienung des Instrumentes. Auch an dieser Stelle sei ihm bestens gedankt.

Ferner sieht man den genannten Seichesschwingungen aufgesetzt eine Schwankung von 18 Min., ferner von 11 Min. und von 8 Min. Periodendauer, aber gleichfalls selten.

2. Ausmessung der Limnogramme.

a) Für die 43 Min.-Seiche.

Die Limnogramme wurden unter Beachtung der im vorigen Abschnitte besprochenen Fehlerquellen des Apparates und Unregelmässigkeiten der Kurven durchgearbeitet und zur Bestimmung der mittleren Periodendauer einer Reihe, der Amplituden und der Zahl der Schwingungen vermessen. In folgender Tabelle sind die Messungen für die 43 Min.-Seiche mitgeteilt. Die erste Rubrik enthält den Zeitpunkt des Beginnes der gemessenen Reihe, wobei die unterstrichene Minutenzahl die Zeit „post meridiem" bedeutet. Die zweite Rubrik enthält die Anzahl der Schwingungen, die dritte die mittlere Periodendauer dieser Reihe in Minuten (wobei auch die zweite Dezimale noch angefügt sein mag, obwohl sie nicht mehr genau ist), die vierte den Pegelstand am Herrenwörther Pegel, wie er dem amtlichen Verzeichnisse entnommen ist[1]) (in „cm"); die letzte Rubrik füllt die Amplitude der ersten und letzten Schwingung in „mm", welche gleich der doppelten Amplitude a ist, wie sie in der Wellenlehre eingeführt ist.

Tabelle
der 43 Min.-Seiches aus dem Schafwaschener Limnogramme.

Beginn	Anzahl	Perioden dauer in Min.	Pegel in „cm"	Amplitude in „mm"
6. April 4^{49}	19	44,16	86	6; 4
7. „ 2^{57}	10	44,10	89	8; 3
14. „ 10^{36}	11	44,09	93	2; 1
17. „ 7^{24}	7	44,00	101	7; 3
21. „ 4^{40}	7	44,14	101	7; 4
22. „ 8^{50}	8	44,13	103	4; 2
23. „ 1^{06}	5	44,20	103	7; 3
23. „ 2^{08}	10	44,25	102	10; 3
24. „ 12^{25}	4	44,12	102	5; 3
26. „ 2^{35}	7	44,29	101	12; 5
30. „ 10^{30}	5	43,90	94	13; 8
30. „ 9^{40}	11	44,18	94	15; 38; 6
1. Mai 10^{58}	10	43,65	90	12; 5
2. „ 1^{58}	15	43,60	87	35; 8
Mittel:	129	44,05	97	
3. „ 5^{27}	16	43,44	84	7; 2
4. „ 5^{32}	12	43,17	80	8; 3
5. „ 3^{25}	10	43,10	80	8; 6
5. „ 11^{16}	7	43,86	80	29; 12

Beginn	Anzahl	Perioden dauer in Min.	Pegel in „cm"	Amplitude in „mm"
6. Mai 1^{30}	17	43,71	83	25; 5
7. „ 4^{17}	11	43,82	81	28; 37; 5
9. „ 2^{16}	6	43,83	81	2; 3
9. „ 8^{50}	6	43,67	81	15; 4
10. „ 8^{33}	10	43,70	81	2; 1
13. „ 8^{50}	26	42,46	75	55; 2
15. „ 4^{35}	11	43,36	72	6; 12; 3
17. „ 9^{56}	12	43,08	68	3; 4; 3
17. „ 11^{05}	7	42,71	68	2; 3; 2
18. „ 2^{38}	6	43,17	75	40; 25
18. „ 3^{27}	22	43,05	75	60; 10
20. „ 7^{51}	5	43,10	83	8; 12
20. „ 8^{32}	4	43,38	83	10; 5
21. „ 1^{48}	5	44,00	84	41; 18
21. „ 8^{46}	16	44,13	84	26; 5
22. „ 10^{34}	10	43,40	83	24; 8
Mittel:	219	43,34	79	
24. „ 6^{37}	7	43,71	86	12; 4
24. „ 1^{16}	9	44,11	86	7; 10; 8

[1]) Dem Vorstande des k. Strassen- und Flussbauamtes Traunstein, k. Bauamtmann Herrn Mayer, sei auch an dieser Stelle für Überlassen der Verzeichnisse und anderen einschlägigen Materiales bestens gedankt.

Beginn	Anzahl	Perioden-dauer in Min.	Pegel in „cm“	Amplitude in „mm“
25. Mai 7^{50}	22	43,73	89	6; 4
26. „ 11^{00}	25	43,74	100	4; 6
28. „ 2^{56}	10	44,10	106	3; 2
29. „ 10^{25}	13	44,19	107	2; 5; 1
30. „ 8^{26}	7	43,37	107	3; 3
31. „ 12^{49}	4	43,88	107	4; 3
1. Juni 12^{10}	7	43,93	107	9; 2
3. „ 4^{58}	6	43,60	105	9; 2
4. „ 5^{01}	9	44,17	104	33; 4
7. „ 2^{57}	9	43,57	95	6; 2
7. „ 6^{20}	11	43,69	95	8; 3
8. „ 5^{45}	23	43,83	98	27; 3
9. „ 8^{37}	18	43,50	94	60; 76; 4
10. „ 10^{55}	8	43,80	94	6; 7; 3
13. „ 5^{40}	15	43,66	85	22; 8
13. „ 7^{53}	6	43,50	85	18; 6
16. „ 3^{04}	6	43,50	86	7; 10; 4
17. „ 11^{46}	20	43,43	91	11; 4
19. „ 12^{00}	9	43,67	107	8; 2
21. „ 6^{19}	15	43,60	107	43; 8
22. „ 12^{34}	4	44,10	109	38; 10
28. „ 3^{46}	18	44,08	98	5; 3
29. „ 4^{36}	11	43,45	98	2; 3; 2
30. „ 2^{21}	10	43,40	96	5; 2
1. Juli 7^{18}	4	43,75	91	23; 7
2. „ 7^{38}	8	43,79	88	81; 12
3. „ 5^{47}	24	43,79	88	6; 4
4. „ 11^{47}	6	43,88	86	20; 4
Mittel:	344	43,75	93	
7. Juli 5^{03}	8	43,25	76	5; 2
10. „ 8^{19}	6	43,33	66	126; 9
11. „ 4^{13}	10	42,30	64	50; 15
11. „ 5^{16}	28	42,65	64	30; 3
12. „ 6^{20}	7	42,71	62	8; 3
13. „ 2^{57}	10	42,85	60	7; 4
14. „ 10^{39}	26	41,96	58	7; 2
15. „ 11^{00}	9	41,79	56	9; 2
15. „ 8^{33}	9	42,89	56	25; 10
16. „ 3^{34}	30	42,30	54	30; 5
17. „ 5^{40}	9	42,56	53	4; 6; 5
18. „ 3^{03}	14	42,57	52	4; 7; 5
19. „ 3^{15}	2	42,50	52	40; 35
20. „ 5^{37}	11	42,68	51	66; 8
21. „ 5^{07}	8	42,63	56	11; 15; 5
21. „ 3^{07}	8	43,14	56	22; 45; 20
22. „ 11^{45}	6	42,92	59	4; 10; 9
22. „ 5^{56}	10	42,80	59	12; 8
23. „ 2^{54}	12	42,75	59	7; 4
24. „ 3^{00}	8	42,50	58	7; 10; 4
25. „ 10^{37}	5	42,60	58	11; 10; 6
27. „ 7^{44}	9	43,44	60	33; 5
28. „ 4^{46}	4	43,14	61	17; 20
28. „ 2^{30}	9	43,22	61	2; 2
29. „ 8^{40}	4	43,38	63	4; 2
29. „ 1^{23}	6	42,83	63	4; 3
30. „ 1^{22}	26	42,92	63	4; 2

Beginn	Anzahl	Perioden-dauer in Min.	Pegel in „cm“	Amplitude in „mm“
31. Juli 6^{56}	16	42,88	61	61; 11
2. August 4^{17}	14	43,36	60	16; 8
3. „ 6^{20}	22	42,61	59	40; 43; 3
4. „ 9^{31}	10	42,50	62	8; 2
5. „ 12^{24}	11	43,55	63	46; 7
7. „ 3^{37}	13	42,69	59	49; 8
9. „ 3^{17}	22	42,82	58	16; 9
10. „ 11^{45}	12	43,04	66	29; 20; 7
11. „ 3^{28}	12	43,17	67	64; 5
13. „ 10^{32}	9	43,11	63	6; 4
14. „ 4^{34}	8	42,50	65	6; 7; 4
15. „ 2^{14}	31	42,42	64	4; 5
18. „ 7^{32}	18	43,33	63	2; 3
20. „ 3^{26}	11	43,33	57	49; 3
21. „ 3^{28}	21	42,67	58	45; 54; 3
22. „ 2^{02}	25	43,44	58	5; 2
24. „ 8^{36}	23	43,09	56	7; 2
25. „ 1^{42}	10	43,10	54	7; 9; 5
25. „ 8^{50}	21	42,90	54	6; 6
Mittel:	603	42,83	59	
1. Sept. 12^{08}	14	43,64	43	15; 3
3. „ 11^{24}	12	43,00	42	8; 2
3. „ 9^{20}	12	43,12	42	3; 2
5. „ 7^{00}	9	42,67	39	84; 5
7. „ 4^{50}	12	43,17	42	6; 2
8. „ 7^{52}	8	43,50	41	6; 4; 6
10. „ 4^{34}	13	43,00	40	30; 6
11. „ 8^{00}	12	42,92	39	23;
12. „ 9^{36}	14	43,21	40	19; 6
13. „ 8^{58}	9	43,00	41	31; 5
13. „ 6^{23}	6	43,00	41	4; 3
14. „ 1^{34}	5	42.80	42	2; 2
14. „ 1^{05}	15	42,60	42	2; 1
15. „ 3^{00}	14	43,09	41	4; 3
16. „ 12^{04}	26	42,73	40	10; 4
17. „ 1^{11}	12	43,17	39	18; 4
18. „ 1^{27}	10	42,80	38	31; 5
19. „ 1^{19}	20	43,45	37	7; 2
20. „ 7^{35}	12	43,17	37	5; 4
21. „ 2^{05}	20	43,05	36	3; 2
22. „ 10^{22}	23	42,78	36	7; 4
23. „ 6^{21}	9	42,56	34	5; 2
24. „ 3^{13}	17	42,76	33	5; 6
25. „ 1^{41}	36	42,42	32	4; 2
26. „ 3^{08}	11	43,60	32	6; 2
27. „ 3^{08}	47	42,70	32	6; 1
28. „ 1^{55}	18	43,00	31	3; 7
30. „ 11^{43}	13	42,77	31	68; 3
2. Okt. 3^{55}	14	43,29	30	29; 2
3. „ 8^{02}	16	43,41	30	17; 4
5. „ 1^{18}	31	43,21	29	22; 4
9. „ 8^{10}	10	43,65	31	12; 3
11. „ 10^{01}	16	42,94	30	19; 40; 8
14. „ 10^{59}	16	43,41	44	40; 4
15. „ 2^{20}	46	43,60	45	6; 9
17. „ 2^{50}	10	43,80	46	8; 7

Beginn	Anzahl	Perioden-dauer in Min.	Pegel in „cm“	Amplitude in „mm“
19. Okt. $3\frac{30}{}$	10	43,50	47	7; 2
22. „ $4\frac{26}{}$	19	43,03	49	9; 2
23. „ $3\frac{32}{}$	6	43,50	49	5; 8
23. „ $6\frac{24}{}$	17	43,59	49	9; 14; 5
25. „ $5\frac{53}{}$	8	43,31	48	5; 4
26. „ $1\frac{00}{}$	16	43,22	47	8; 3
26. „ $3\frac{20}{}$	8	43,69	46	4; 6; 4
28. „ $5\frac{23}{}$	26	43,72	45	4; 7
29. „ $1\frac{44}{}$	8	43,13	42	5; 5
29. „ $1\frac{36}{}$	23	42,85	42	7;
30. „ $8\frac{08}{}$	30	43,40	41	6; 4
1. Nov. $3\frac{26}{}$	15	43,10	38	3; 2
2. „ $2\frac{24}{}$	10	43,80	36	5; 3
3. „ $4\frac{00}{}$	21	43,21	35	8; 4
3. „ $11\frac{35}{}$	8	43,33	35	7; 5
4. „ $8\frac{22}{}$	11	43,50	34	10; 3
5. „ $12\frac{28}{}$	8	43,14	33	10; 4
6. „ $2\frac{00}{}$	43	42,94	31	18; 4
Mittel:	909	43,14	39	
9. Nov. $8\frac{20}{}$	25	43,32	29	16;
10. „ $10\frac{27}{}$	58	42,88	28	7; 1
12. „ $10\frac{10}{}$	6	42,50	27	6; 1
13. „ $12\frac{36}{}$	8	42,75	26	5; 2
13. „ $12\frac{36}{}$	24	42,75	26	5; 2
14. „ $11\frac{42}{}$	25	42,24	26	4; 2
15. „ $8\frac{20}{}$	15	42,40	25	5; 6
16. „ $8\frac{40}{}$	11	42,55	24	8; 6
18. „ $12\frac{04}{}$	10	43,50	23	11; 9
19. „ $1\frac{00}{}$	20	42,00	22	17; 5
Mittel:	204	42,68	26	

Beginn	Anzahl	Perioden-dauer in Min.	Pegel in „cm“	Amplitude in „mm“
19. Nov. $3\frac{57}{}$	10	40,65	22	30; 56
20. „ $9\frac{14}{}$	20	40,28	21	22; 5
21. „ $3\frac{50}{}$	8	40,50	20	5; 3
23. „ $10\frac{38}{}$	34	40,41	20	14; 8
24. „ $2\frac{30}{}$	23	40,60	20	7; 16
25. „ $9\frac{25}{}$	6	40,33	20	53; 36
28. „ $1\frac{00}{}$	20	41,20	20	6; 3
29. „ $6\frac{25}{}$	16	40,44	20	11; 7
29. „ $11\frac{00}{}$	25	40,68	20	26; 38; 9
1. Dez. $7\frac{30}{}$	34	41,44	20	17; 8
2. „ $2\frac{30}{}$	15	41,70	20	14; 5
2. „ $2\frac{06}{}$	18	41,67	20	20; 3
3. „ $8\frac{00}{}$	21	42,57	20	17; 4
3. „ $2\frac{36}{}$	12	41,42	20	15; 4
Mittel:	262	41,05	20	
27. Dez. $11\frac{53}{}$	18	42,17	26	29; 37
29. „ $4\frac{00}{}$	46	42,48	27	25;
31. „ $3\frac{30}{}$	10	40,65	28	10;
3. Jan. $11\frac{25}{}$	60	41,68	25	6;
6. „ $9\frac{00}{}$	21	41,98	29	7;
6. „ $8\frac{22}{}$	21	41,38	29	11;
9. „ $6\frac{39}{}$	16	42,84	35	3;
10. „ $8\frac{00}{}$	41	42,44	33	18;
11. „ $7\frac{37}{}$	9	43,10	32	24;
Mittel:	242	42,10	29	
26. Jan. $2\frac{54}{}$	21	39,76	19	6; 9; 4
28. „ $1\frac{50}{}$	18	40,59	19	17; 3
29. „ $6\frac{14}{}$	17	40,22	19	11; 5
Mittel:	56	40,18	19	

Überblicken wir die Messungen, so finden wir vor allem eine bedeutende Veränderung der Periodendauer mit der Zeit. Um zu erkennen, in wieweit Messungsfehler beteiligt sein können, stellen wir die Mittelwerte zusammen mit den grössten und kleinsten Werten der Periodendauer, welche in dieser Zeit gemessen wurden. Zugleich sei die Zeit und der mittlere Pegelstand beigefügt.

Tabelle der Mittelwerte der Periodendauer der 43 Min.-Seiches

Zeit	Grösster Wert der Periodendauer	Mittel der Periodendauer	Kleinster Wert der Periodendauer	Pegel	Unterschied
6. IV.—2 V.	44,29	44,05	43,60	97	+ 0,24, — 0 45
2. V.—22. V.	44,13	43,34	42,46	79	+ 0,79, — 0,88
22. V.—4. VII.	44,19	43,75	43,37	93	+ 0,44, — 0,38
4. VII.—25. VIII.	43,44	42,83	42,30	59	+ 0,61, — 0,53
1. IX.—6. XI.	43,80	43,14	42,42	39	+ 0,66, — 0,72
6. XI.—19. XI.	43,50	42,68	42,00	26	+ 0,82, — 0,68
19. XI.—3. XII.	42,57	41,05	40,28	20	+ 1,52, — 0,85
3. XII.—11. I.	43,10	42,10	40,65	29	+ 1,00, — 1,45
26. I.—29. I.	40,59	40,18	39,76	19	+ 0,41, — 0,42

In der Zeit vom 6. April bis 19. November beträgt der grösste Unterschied vom Mittelwert —0,88 Min., welcher rund 2% des betreffenden Mittelwertes von 43,34 Min. ausmacht. Bedenkt man aber, dass die gemessenen Reihen kurz sind gegen die an anderen Seen ferner dass die kurzen Reihen noch an Interferenzkurven gemessen werden mussten und endlich dass manche Phasenänderungen aufgetreten sein können, welche sich nicht erkennen liessen, so muss die Uebereinstimmung der Einzelmessungen mit dem Mittelwerte für befriedigend erklärt werden. Deutliche Phasenänderungen treten besonders an solchen Tagen auf, an denen der Seespiegel ständig in Schwankungen von grösserer Amplitude sich befindet, und die scheinbar grossen Seichesreihen geben als ganzes gemessen sehr abweichende Werte.[1])

Die sehr auffälligen Abweichungen zwischen 19. Nov. und 11. Januar können nicht von Messungsfehlern herrühren. Ein wiederholtes Nachmessen ergab immer wieder dieselben abweichenden Werte, so dass die Dauer an zwei aufeinanderfolgenden Tagen oft um 2 Min. verschieden war. Eine Erklärung werden wir später in der beginnenden Eisbildung finden.

Sehr eigentümlich ist die aus obiger Tabelle ersichtliche Aenderung der Mittelwerte, welche nicht von Beobachtungsfehlern herrühren kann. Sie scheint vielmehr mit dem Pegelstande in Beziehung zu stehen.

Der Mittelwert bis 19. Nov. ist 43,21 Min., weshalb die Seiche kurz 43 Min.-Seiche genannt ist.

Weiterhin können wir aus der Tabelle finden, dass von Oktober ab längere Reihen von Seiches vorkommen als vor dieser Zeit, wo die Dämpfung auffällig stark ist.

Obwohl keine Amplitudenmittel gebildet wurden, — die Grösse der Denivellationen werden wir später zusammenstellen — so kann doch aus den einzelnen Reihen schon konstatiert werden, dass eine Abhängigkeit der Periodendauer von der Amplitude nicht stattfindet, wie auch die entsprechende Zusammenstellung von H. Ebert für den Starnbergersee ergeben hat.[2])

Über alle berührten Tatsachen kann aber nur mit Aussicht auf Erfolg Aufklärung gegeben werden, wenn die 43 Min.-Seiche mit ihrer Achse, wie auch den Schwingungsbäuchen und Knoten, festgelegt ist.

b) Für die 29 Min.-Seiche.

In gleicher Weise seien auch die Messungen für die 29 Min.-Seiche in folgender Tabelle mitgeteilt.

[1]) Vgl. Beispiel für eine Phasenverschiebung 2. Mai 1^{10}. Tafel II. Fig. 2.
[2]) Sitz.-Ber. d. k. bayr. Ak. d. W. 1900 S. 452.

Tabelle

der 29 Min.-Seiches aus dem Schafwaschener Limnogramme.

Beginn	Anzahl	Perioden-dauer in Min.	Pegel in „cm“	Amplitude in „mm“
25. April 1^{23}	8	29,00	90	8: 3
1. Mai 9^{46}	24	28,83	90	24: 7
6. „ 4^{17}	14	28,86	83	7; 3
13. „ 8^{50}	28	28,64	75	55; 7
17. „ 5^{40}	12	28,67	68	20: 6
23. „ 5^{30}	15	29,05	83	20: 5
Mittel:	101	28,81	82	
26. Mai 11^{06}	18	29,19	100	7: 5
29. „ 1^{31}	12	29,20	107	2; 2
11. Juni 1^{55}	10	29,19	92	6; 4
12. „ 3^{24}	28	28,77	89	6; 2
15. „ 12^{29}	15	29,44	87	9; 4
20. „ 1^{00}	8	28,88	108	8; 2
Mittel:	91	29,15	97	
10. Juli 8^{10}	38	29,11	65	19; 3
13. „ 6^{20}	12	28,83	60	3; 5
14. „ 10^{39}	19	28,68	58	7; 2
16. „ 5^{54}	21	29,14	54	5; 4
17. „ 9^{56}	16	29,06	53	3; 2
18. „ 12^{15}	11	29,14	52	6; 4
19. „ 4^{22}	18	29,00	52	11;
19. „ 3^{15}	15	29,07	52	40; 3
20. „ 7^{04}	10	29,10	51	2;
20. „ 5^{37}	16	28,97	51	66; 10
21. „ 3^{07}	28	28,71	51	23;
23. „ 5^{23}	14	29,14	59	6: 2
23. „ 5^{05}	7	28,93	59	17. 2
24. „ 12^{16}	12	28,83	58	21:
24. „ 6^{25}	10	29,25	58	12; 5
30. „ 5^{11}	11	29,00	63	12; 2
30. „ 3^{47}	11	29,11	63	3; 2
31. „ 6^{56}	22	29,00	61	61; 8
1. Aug. 6^{20}	9	29,29	60	28; 44
2. „ 4^{17}	21	28,90	59	16; 4
2. „ 10^{11}	12	29,25	59	37; 8
3. „ 3^{02}	5	29,20	59	31;
3. „ 5^{40}	23	29,26	59	43 4
5. „ 11^{55}	13	29,19	63	17; 4
7. „ 1^{54}	42	28,98	59	43;
8. „ 7^{26}	25	29,04	59	300;
12. „ 11^{51}	17	29,18	67	48;
14. „ 2^{36}	6	29,00	65	18; 4
15. „ 12^{56}	18	29,00	64	14; 5
21. „ 4^{43}	14	28,72	58	29: 4
22. „ 10^{23}	21	28,71	58	14; 6
23. „ 9^{15}	7	28,86	57	4; 3
29. Aug. 1^{00}	19	28,61	56	25;
Mittel:	543	28,99	59	
30. Aug. 11^{46}	28	28,79	45	13; 10
1. Sept. 12^{08}	21	28,71	43	15; 9
1. „ 2^{40}	10	29,20	43	12: 10
2. „ 4^{24}	9	29,00	42	26:
2. „ 10^{15}	19	28,84	42	12: 5
5. „ 10^{45}	10	29,00	39	7; 4
8. „ 11^{19}	24	29,08	41	12;
11. „ 6^{37}	21	28,67	39	24;
16. „ 5^{58}	16	28,69	40	11; 1
17. „ 6^{17}	10	28,80	39	45;
18. „ 5^{15}	13	28,69	38	5; 4
19. „ 4^{19}	12	28,75	38	3;
20. „ 10^{12}	17	29,00	37	3;
Mittel:	182	28,87	41	
22. Sept. 5^{53}	13	28,85	36	7;
30. „ 12^{31}	14	29,29	31	5; 2
2. Okt. 4^{55}	21	28,86	30	24; 8
2. „ 9^{05}	56	29,30	30	10; 26
4. „ 12^{07}	27	29,03	30	12; 4
10. „ 1^{00}	16	28,89	30	5; 6
16. „ 7^{20}	35	28,85	46	8;
21. „ 5^{20}	11	29,10	49	12; 4
22. „ 7^{15}	22	29,25	49	14;
31. „ 5^{44}	40	28,84	41	6;
31. „ 5^{16}	16	28,69	41	4:
1. Nov. 10^{53}	24	28,93	38	2:
3. „ 4^{00}	50	29,04	35	9;
4. „ 4^{55}	40	29,04	34	3;
6. „ 2^{00}	45	28,87	31	9;
8. „ 5^{49}	10	28,91	29	10; 4
8. „ 2^{46}	31	29,08	29	14;
11. „ 3^{10}	23	28,77	28	11; 4
15. „ 9^{55}	22	29,18	25	9;16; 6
19. „ 1^{40}	22	28,64	22	40;
19. „ 5^{57}	14	28,89	22	30:56; 5
Mittel:	393	29,00	34	
23. Nov. 12^{30}	30	28,60	20	14;
3. Dez. 2^{30}	17	28,76	20	15;
7. Jan. 5^{50}	16	29,06	27	5;
10. „ 11^{23}	18	28,72	32	8;
11. „ 5^{45}	14	29,00	33	21:
Mittel:	95	28,79	26	
29. Jan. 2^{00}	33	28,27	19	25;

Um zunächst die Übereinstimmung der einzelnen Werte der Periodendauer mit dem Mittel über bestimmte Zeiträume beurteilen zu können, sei die gleiche Tabelle, wie für die 43 Min.-Seiche, hier angefügt.

Tabelle der Mittelwerte der Periodendauer der 29 Min.-Seiches.

Zeit	Grösster	Mittel	Kleinster	Pegel-Mittel	Unterschied
	Wert der Periodendauer				
25. IV.—23. V.	29,00	28,81	28,64	82	+ 0,19,—0,17
26. V.—20. VI.	29,44	29,15	28,88	97	+ 0,29,—0,27
10. VII.—24. VIII.	29,29	28,99	28,61	59	+ 0,30,—0,38
30. VIII.—20. IX.	29,20	28,87	28,67	41	+ 0,33,—0,20
22. IX.—19. XI.	29,30	29,00	28,64	34	+ 0,30,—0,26
23. XI.—11. I.	29,06	28,79	28,60	26	+ 0,27,—0,19
29. I.		28,27		19	

Die grösste Abweichung vom Mittel beträgt —0,38 Min., also 1,3% von dem gebildeten Mittel von 28,99. Die etwas befriedigendere Übereinstimmung hat wohl ihren Grund darin, dass die Messungen nur an solchen Interferenzkurven vorgenommen wurden, welche in der 29 Min.-Seiche ausklangen.

Das Mittel aus sämtlichen Messungen bis 19. November ist 28,98 Min., weshalb die Schwingung, wie bisher, kurz die 29 Min.-Seiche genannt sei.

Eine Änderung der Periodendauer mit dem Pegelstande bis 19. Nov. scheint auch hier vorzuliegen. Da dieselbe gering ist und innerhalb der Fehler der Messungen fällt, kann sie nicht weiter verfolgt werden.

Übereinstimmend mit den Beobachtungen bei der 43 Min.-Seiche findet auch hier eine Abnahme der Periodendauer nach dem 19. Nov. statt, was wir auf die beginnende Eisbildung zurückführen werden. Sehr auffällig ist die starke Abnahme der Periodendauer, welche am 29. Januar zu 28,27 gemessen wurde. Auch bei der 43 Min.-Seiche ergeben die Messungen vom 26. Januar ab eine übereinstimmende Abnahme zu dem kleinsten Mittelwert von 40,18 Min. Der See war zu dieser Zeit mit einer fast 30 cm dicken Eisdecke bedeckt, worin die Erklärung für die besprochene Abnahme zu suchen sein wird.

Zu erwähnen ist noch das seltene Auftreten der 29 Min.-Seiche vor dem 10. Juli. Dasselbe scheint mit dem Pegelstande im Zusammenhange zu sein. Vor dieser Zeit hatte der See ständig Hochwasser bei einem Pegelstand zwischen 68 cm und 107 cm H. P., während nach dieser Zeit der Pegelstand immer unter 68 cm blieb.

c) Für die übrigen Schwingungen.

1.) Die 37½ Min.-Seiche. Diese Seiche tritt gewöhnlich nur in unregelmässiger Form auf und besonders dann, wenn die regelmässigen Schwingungen einen recht unruhigen See vermuten lassen. Im folgenden seien die Messungen wieder zusammengestellt.

Tabelle
der 37½ Min.- Seiches aus dem Schafwaschener Limnogramme.

Beginn	Anzahl	Perioden-dauer in Min.	Pegel in „cm“	Amplitude in „mm“
7. April 9^{47}	4	39,50	89	21; 6
7. Mai 5^{13}	4	39,75	81	37; 39
13. „ 8^{50}	3	38,33	75	15; 10
20. „ 8^{56}	9	37,33	83	15; 15
20. Juni 7^{07}	5	36,92	107	3; 3
25. „ 12^{00}	4	37,75	98	4
20. Juli 1^{30}	9	37,33	51	9; 2
31. „ 12^{11}	4	38,00	61	3
1. Aug. 6^{20}	4	37,50	60	18
29. „ 4^{39}	2	37,00	59	5
29. „ 11^{16}	3	36,00	45	8; 4
31. „ 2^{19}	9	35,56	45	5
31. „ 9^{00}	4	36,25	45	5; 10
8. Sept. 5^{14}	4	38,75	41	10; 8
11. „ 6^{00}	3	39,00	39	18; 30
Mittel:	71	37,48		

Nachdem die längste Reihe nur 9 Schwingungen zählt, ist die geringe Übereinstimmung der einzelnen Mittel begreiflich und nicht mit anderen Umständen in Beziehung zu bringen.

2.) **Die 18 Min.-Seiche.** Diese Schwingung erscheint nur zweimal so deutlich, dass bei 12 Schwingungen 18,33 Min. und bei 21 solchen 18,40 Min. Periodendauer sich ergibt. Doch lässt sie sich öfters an der unregelmässigen Form der besprochenen Schwingungsbilder mit geringer Amplitude erkennen.

3.) **Die 11 Min.-Seiche.** Diese Seiche kann nur einmal (am 7. August 3^{12}) in 15 aufeinanderfolgenden Schwingungen zu 11,03 Min. Dauer gemessen werden; sie ist sonst nie mehr zu finden.[1])

4.) **Die 8 Min.-Seiche.** Dieselbe tritt häufiger auf als die 2 besprochenen, weshalb die Messungen in folgender Tabelle angefügt sein mögen.

Tabelle
der 8 Min.-Seiches aus dem Schafwaschener Limnogramme.

Beginn	Anzahl	Perioden-dauer in Min.	Pegel in „mm“	Amplitude in „mm“
28. April 4^{50}	6	8,50	101	3
18. Mai 3^{02}	5	8,40	73	
25. Juni 10^{37}	7	8,43	93	3
27. „ 10^{42}	5	8,80	90	4
3. Aug. 12^{06}	28	8,43	59	5
11. Sept.	5	8,00	39	
30. Aug. 4^{38}	8	8,25	50	
1. Okt. 1^{40}	9	8,11	30	4
	73	8,37		
19. Nov. 6^{00}	6	7,00	24	
29. „ 11^{42}	6	6,25	20	
29. „ 1^{10}	20	6,23	20	
28. „ 5^{40}	10	7,80	20	

Die wenigen Messungen ergeben eine deutliche Änderung der Periodendauer mit dem Pegelstande, womit auch die bei den Voruntersuchungen vom 31. Oktober 1901 erhaltene Dauer von im Mittel 8,00 Min. bei 6 gemessenen Schwingungen übereinstimmt, wo der Pegelstand 30 cm betrug. Durch letztere Beobachtung kann auch die Genauigkeit der Messungen vom 11. September

[1]) Vgl. Tafel II. Fig. 11.

und 1. Oktober bei demselben Pegelstand geprüft werden, welche Werte gut mit dem oben erwähnten übereinstimmen.

Die plötzliche, starke Abnahme der Periode nach dem 19. November, wie die Unregelmässigkeit der Werte stehen mit den Beobachtungen bei der 43 Min.-Seiche im Einklang.

B. Beobachtungsergebnisse in Seebruck.

1. Aufstellung des Instrumentes und kurze Beschreibung der Limnogramme.

Aufstellung. Aus den Vorversuchen war Seebruk als das nördliche Ende einer eventuellen Hauptschwingungsachse erkannt worden. Dabei hatte sich dort auch gezeigt, dass ständig mehrere Schwingungen mit bedeutender Amplitude gleichzeitig auftreten, wodurch die Beobachtung der Schwingungen längerer Dauer erschwert wurde. Es war daher die Frage aufzuwerfen, ob nicht ein Punkt vor dem genauen Ende des Sees, etwa Arlaching, als Aufstellungsort des zweiten Limnimeters, System Sarasin, vorgezogen werden sollte, an welchem Orte die Vorversuche mit dem Zeigerlimnimeter die Oberschwingungen mit geringerer Amplitude ergeben hatten. Die Uferzone ist dort aber überall sehr seicht, ferner war eine geschützte Aufstellung gegen den starken Wellengang nicht möglich, dann sollten auch die Oberschwingungen untersucht werden, welche sich alle in Seebruck als dem ausgesprochenen Ende des Weitsees mit ihrer grössten Amplitude zeigen mussten. Deshalb wurde eine Stelle des dortigen Ufers als Aufstellungsort gewählt.

Der Punkt ist rund 200 m östlich der Alzbrücke und 30 m vom Ufer entfernt. Die Wassertiefe beträgt 90 cm (bei Mittelwasser).[1])

Das Limnimeter wurde am 23. Juni 1902 dort aufgestellt und funktionierte ununterbrochen bis 15. Februar 1903, so dass dort 27 Tage lang die Seeschwankungen unter vollständiger Eisbedeckung des Sees registriert wurden.[2])

Um die Aufzeichnungen in Seebruck mit denjenigen in Schafwaschen vergleichen zu können, wurden durchschnittlich wöchentlich zweimal beide Apparate kontroliert und mit überstimmenden Zeitmarken versehen.

Beschreibung der Limnogramme. Die Aufzeichnungen an dieser Station sind äusserst kompliziert, was schon nach den Vorversuchen vermutet werden konnte. Während dieser 8 monatlichen Beobachtungszeit konnte nie eine einfache Sinuskurve gefunden werden. Das Bild ist selten eine Interferenzkurve von nur zwei

[1]) Herrn Justizrat Burger aus Eichstätt sei auch an dieser Stelle für die freundliche Erlaubnis zur Benützung des dortigen Steges bestens gedankt.

[2]) Die Bedienung des Instrumentes besorgten freundlichst Herr und Frau Oberauer, deren Bemühungen auch zu danken ist, dass das Limnimeter trotz der Eisbildung im Gange gehalten werden konnte.

Schwingungen; gewöhnlich sind vier Schwingungen gleichzeitig vorhanden, oft sind es deren 6 bis 8. Eine Vorstellung soll das Kurvenbild vom 19. November 6^{34} p. m. auf Tafel II Fig. 14 geben, aus welchem ein Herausschälen der einzelnen Schwingungen schwer möglich ist. Ein Beispiel mit deutlicher Oberschwingung ist das vom 1. Juli 12^{24}, auf Tafel II. Fig. 6, (auf welches früher (S. 15) schon hingewiesen wurde.) (Einfachere Kurvenbilder werden später noch besprochen werden.)

Was die Grösse der Schwankungen anlangt, so erreichten dieselben einmal eine Höhe von 300 mm, die der Papierstreifen nicht mehr fassen konnte. Sonst betrugen die Amplituden gewöhnlich 1 bis 2 cm. Auch wenn der Schreibstift eine gerade Linie zeichnete, waren die Bewegungen dennoch vorhanden, wenn auch nur in der Grösse von einigen Millimetern. Eine der besprochenen Störungen (S. 11) hinderte gewöhnlich den Schwimmer, diese kleinen Bewegungen mitzumachen. Wurden letztere behoben, so zeigten sich sofort wieder die Schwankungen des Sees.

2. Ausmessung der Limnogramme und Vergleich mit den gleichzeitigen Aufzeichnungen in Schafwaschen.

In den Seebrucker Aufzeichnungen sind Schwingungen von folgender ungefährer Dauer zu erkennen.

1.) 43 m, 2.) 29 m, 3.) 18 m, 4.) 16 m, 5.) 11 m, 6.) $9^1/_2$ m, 7.) 8 m, 8.) 7 m, 9.) 5 m, 10.) 4 m, 11.) 3 m, 12.) solche kürzerer Dauer.

1.) **Die 43 Min.-Seiche** ist unter den vielen Oberschwingungen nur dann zu finden, wenn das Limnogramm mit dem von Schafwaschen auf Grund genauer Zeitmarke verglichen wird und in Schafwaschen wenigstens 20 mm Schwingungsweite vorhanden ist.[1])

Der Vergleich beider Stationen ergibt für Schafwaschen und Seebruck entgegengesetzte Phase und in Seebruck rund den 6ten Teil der Amplitude von Schafwaschen (genau den 5,75. Teil, als Mittel aus 32 verglichenen Einzelschwingungen).[2]) Ein Beispiel hiefür ist die Fig. 6 auf Tafel II,

[1]) Da grössere Amplituden sich nur bei unruhigem Wetter zeigen, wo die Vorversuche nicht angestellt werden konnten, so ist jetzt verständlich, warum dieselben hierin solange ergebnislos geblieben waren.

[2]) Da das Seebrucker Limnimeter noch im Ausflusskonoide der Alz stand und die dortige Amplitude im folgenden ständig zum Vergleiche mit der an anderen Stationen verwendet wird, so muss zunächst eine eventuelle Einwirkung dieses Konoides auf die Grösse der Amplitude untersucht werden. Aus der Gleichung für das Gefälle der Oberfläche einer Flusstrecke nach Poncelet, welche in dem mehrerwähnten Projekte der Tieferlegung des Chiemseespiegels (cit. S. 1) speciell für den Abfluss unseres Sees umgeformt sich findet (S. 77), wurde als Gefälle von der horizontalen Seefläche bis zum Aufstellungspunkt des Limnimeters für die grösste Abflussmenge des Beobachtungsjahres von 120 cbm pro Sek. eine Grösse von 1,50 mm gefunden. Eine Veränderung der Amplitude der Seiches fällt also unter diese Grenze und kann bei den Messungen vernachlässigt werden.

wo die gleichzeitigen Aufzeichnungen über dieselbe Abscissenachse gelegt sind. Der punktierte Kurvenzug verbindet die Mitten der Oberschwingungen und weist deutlich entgegengesetzten Gang mit der fast reinen 43 Min.-Seiche in Schafwaschen auf. Die Periodendauer selbst kann unter diesen Umständen in Seebruck nicht gemessen werden.

2.) **Die 29 Min.-Seiche** ist in Seebruck ebenfalls vorhanden und etwas deutlicher als die 43 Min.-Seiche zu erkennen. Sie weist gleiche Phase mit Schafwaschen auf und fast den 3ten Teil der dortigen Amplitude (genau den 3,44ten Teil als Mittel aus 40 verglichenen Schwingungen). Als Beispiel mag die Kurve vom 2. Juli 7^{21} auf Tafel II Fig. 5 dienen, wo in Seebruck die Oberschwingungen auffällig gedämpft erscheinen, so dass die Seiche in den ersten 4 Schwingungen deutlich zu erkennen ist. Die über dieselbe Zeitabscisse gezeichnete Schafwaschener Kurve (schon als Interferenzkurve erwähnt) weist in der Oberschwingung deutlich gleichen Gang auf. Auch diese Seiche kann mit ihrer Dauer hier nicht gemessen werden.

3.) **Die 18 Min.-Seiche** war anfangs in Seebruck nicht zu erkennen. Erst als dieselbe an anderen Punkten nachgewiesen war (IV. Abschnitt), konnte sie auch in Seebruck unter den anderen Schwingungen gefunden und gemessen werden. 208 Einzelschwingungen in 10 Reihen ergeben eine mittlere Periodendauer von 18,19 Minuten. Die grösste Amplitude betrug 37 mm. Sie ist, wie der spätere Vergleich mit anderen Stationen ergibt, häufig in Seebruck vorhanden, wegen der Kleinheit der Amplitude aber nicht zu erkennen. Ein Vergleich mit Schafwaschen gibt vorerst kein Resultat, da die Schwingung an beiden Stationen nicht deutlich sich zeigt.

4.) **Die 16 Min.-Seiche** ist fast immer in dem Seebruckerlimnogramme vorhanden und ist meistens aus den Kurvenbildern deutlich herauszufinden. Gewöhnlich tritt sie mit der folgenden 11 Min.-Seiche auf und bildet mit ihr fast dieselben Kurvenformen, wie die 43 Min.- und 29 Min.-Seiche in Schafwaschen, weil das Verhältnis der Periodendauern (15,79 : 10,79) = 1,47 fast genau mit dem von 43 : 29 = 1,48 übereinstimmt. Ein Beispiel des so häufigen Kurvenbildes sei das vom 25. November auf Tafel II Fig. 13, wo die beiden Schwingungen ungefähr gleiche Amplitude haben. Die (S. 16) besprochenen Schwebungen sind in Seebruck nur durch Vergleich mit anderen Stationen zu erkennen, da die Amplitude der 18 Min.-Seiche gegen die der 16 Min.-Seiche gering ist und ausserdem noch andere Schwingungen gleichzeitig auftreten.

Die Amplitude dieser Seiche beträgt gelegentlich bis 100 mm und ist bis 1 mm in den Aufzeichnungen noch zu erkennen.

Im folgenden seien die Messungen der Dauer und Amplituden angefügt mit dem Zeitpunkte des Beginnes, der Anzahl der Schwingungen und dem Pegel von Herrenwörth.

Tabelle
der 16 Min.-Seiches aus dem Seebrucker Limnogramme.

Beginn	Anzahl	Perioden-dauer in Min.	Pegel in „cm“	Höchste Amplitude in „mm“
28. Juni 5^{04}	15	15,80	102	3
10. Juli 1^{04}	17	15,71	70	20
14. „ 1^{20}	17	15,76	52	5
19. „ 7^{42}	26	15,73	52	15; 28
19. „ 5^{18}	12	15,83	52	5
Mittel:	87	15,76		
21. „ 10^{57}	21	15,86	56	9. 19
21. „ 4^{36}	28	15,89	56	27
28. „ 9^{10}	22	15,91	61	3
1. Aug. 1^{26}	19	15,79	61	30
3. „ 4^{30}	30	15,77	59	54; 74
8. „ 7^{00}	18	15,88	59	100
12. „ 11^{24}	36	15,84	67	3
Mittel:	174	15,84		
14. „ 2^{03}	31	15,84	65	40
21. „ 3^{32}	19	15,89	58	15
27. „ 10^{24}	19	15,79	51	7
27. „ 11^{00}	31	15,76	51	7
28. „ 11^{26}	33	15,79	50	28
Mittel:	394	15,81		
6. Sept. 12^{00}	16	15,88	39	22
8. „ 4^{02}	15	15,87	41	6
9. „ 6^{15}	39	15,85	40	12
10. „ 10^{12}	17	15,77	39	12
10. „ 9^{53}	19	15,68	40	56

Beginn	Anzahl	Perioden-dauer in Min.	Pegel in „cm“	Höchste Amplitude in „mm“
11. Sept. 7^{16}	19	15,79	40	41
12. „ 12^{48}	17	15,71	41	25
15. „ 4^{50}	31	15,77	31	8
Mittel:	173	15,79		
27. „ 4^{15}	23	15,78	„	4
28. „ 6^{08}	16	15,75	„	9
28. „ 6^{23}	28	15,72	„	5
29. „ 2^{25}	18	15,72	„	5
29. „ 12^{52}	24	15,75	30	7
30. „ 10^{37}	15	15,87	„	5
1. Okt. 5^{22}	21	15,71	„	4
2. „ 8^{58}	46	15,85	30	7
14. „ 8^{59}	33	15,70	44	7
Mittel:	224	15,76		
29. Nov. 11^{04}	30	15,67	20	11
9. Dez. 11^{08}	20	15,70	„	9
12. „	59	15,90	„	12
Mittel:	506	15,78		
26. Jan.	12	15,33	20	10
30. „	31	15,36	19	8
5. Febr.	17	15,52	19	4
9. „ 4^{10}	17	15,47	19	15
11. „ 12^{05}	22	15,45	19	26
Mittel:	99	15,42		

Die Messungen zeigen eine befriedigende Übereinstimmung. Eine Veränderung der Periodendauer mit dem Pegel ist hier nicht zu finden. Die Mittel nähern sich dem Hauptmittel von 15,79 Min. (bei 900 gemessenen Einzelschwingungen) auf + 0,02 Min. Sehr deutlich ist auch bei dieser Seiche die plötzliche Abnahme der Periodendauer von 15,79 Min. auf 15,42 Min., wie der See sich durch die Eisdecke schloss. Diese Seiche zeigt sich bei Eis am häufigsten und erreicht einmal eine Elongation von 26 mm, wovon das Kurvenbeispiel vom 10. Februar auf Tafel II Fig. 19 mitgeteilt sei.

5.) **Die 11 Min.-Seiche** gehört mit der 16 Min.-Seiche zu den Normaltypen der Seebrucker-Schwingungen. Wenn sie auch selten rein auftritt, so kann sie doch aus komplizierteren Kurvenbildern noch erkannt und gemessen werden. Mit Schafwaschen hat sie in dem einen (S. 25) erwähnten Falle gleiche Phase. (Tafel II Fig. 11.) Mit der 16 Min.-Seiche interferiert sie häufig, wie oben schon erwähnt. Mit der folgenden $9^1/_2$ Min.-Seiche bildet sie die Form der Schwebungen, wovon ein Beispiel auf Tafel II Fig. 15 schon mitgeteilt ist.

Die Messungen seien auch für diese Seiche in gleicher Weise wie früher angeführt.

Tabelle
der 11 Min.-Seiches aus dem Seebrucker Limnogramme.

Beginn	Anzahl	Perioden-dauer in Min.	Pegel in „cm“	Amplitude in „mm“
2. Juli 9^{39}	35	10,71	88	10
3. „ 3^{57}	25	10,68	88	6
6. „ 6^{06}	39	10,62	78	5
9. „ 2^{18}	16	10,50	70	8
13. „ 11^{00}	13	10,69	60	4
18. „ 6^{45}	27	10,74	52	8
19. „ 3^{00}	21	10,43	52	10
22. „ 1^{21}	18	10,56	59	6
22. „ 9^{12}	12	10,75	59	8
25. „ 7^{25}	10	10,70	58	4
28. „ 12^{53}	15	10,67	61	10
29. „ 5^{08}	16	10,56	63	6
1. Aug. 1^{26}	18	10,56	60	32
4. „ 7^{15}	20	10,60	62	3
5. „ 12^{10}	30	10,47	63	9
7. „ 3^{30}	33	10,69	59	123
9. „ 7^{21}	40	10,65	58	6
10. „ 11^{42}	14	10,71	66	20
15. „ 10^{21}	13	10,78	64	10
22. „ 12^{46}	21	10,57	58	5
26. „ 11^{17}	12	10,67	53	11
29. „ 11^{26}	14	10,79	47	10
Mittel:	462	10,62		
2. Sept. 1^{58}	23	10,65	43	4
3. „ 6^{50}	20	10,75	42	4
5. Sept. 11^{35}	23	10,70	39	15
6. „ 10^{20}	19	10,74	40	12
6. „ 6^{34}	28	10,76	40	25
9. „ 3^{16}	37	10,73	41	8
11. „ 2^{05}	23	10,78	39	12
17. „ 4^{42}	12	10,67	39	5
24. „ 2^{20}	22	10,68	33	2
25. „ 4^{11}	42	10,67	32	4
28. „ 12^{45}	13	10,77	31	5
Mittel:	262	10,72		
1. Okt. 2^{58}	24	10,75	30	32
2. „ 3^{31}	31	10,81	30	7
3. „ 5^{22}	24	10,88	30	6
4. „ 4^{27}	46	10,91	29	7
4. „ 3^{40}	21	11,00	29	15
5. „ 4^{04}	39	10,82	29	13
9. „ 7^{47}	33	11,03	31	14
12. Nov. 10^{03}	19	10,95	27	8
19. „ 11^{00}	36	10,73	22	33
25. „ 7^{42}	23	11,00	20	6
25. „ 11^{57}	27	10,82	20	31
30. „ 12^{38}	28	11,04	20	8
15. Dez. 3^{06}	23	10,95	20	6
Mittel:	374	10,89		
10. Febr. 8^{56}	12	10,83	19	6

Die gemessenen Mittelwerte der Periodendauer weichen bis 29. August sehr merklich von einander ab (grösster Wert 10,79; Mittel 10,62; kleinster 10,43). Die Ursache ist das gleichzeitige Auftreten mit der $9^1/_2$ Min.-Seiche, weshalb die Messungen zu klein ausfallen. Nach dem 29. August tritt die $9^1/_2$ Min.-Seiche nicht mehr auf, und die Messungen der Periodendauer stimmen nach dieser Zeit befriedigend überein. Zugleich ist eine deutliche Zunahme der Periodendauer zu konstatieren:

10. VII.—29. VIII.	Mittel	10,62	Pegel 88—47
2. IX.—28. IX.	„	10,72	„ 43—31
1. X.—15. XII.	„	10,89	„ 31—20
10. II.	„	10,83.	

Als sehr merkwürdig muss hervorgehoben werden, dass die Periodendauer dieser Seiche unterm Eis nicht abnimmt, wie die Reihe vom 10. Februar ersehen lässt.

6. Die $9^1/_2$ Min.-Seiche gehört zu den seltenen Schwingungen in Seebruck. Bis 22. August können 176 Schwingungen gemessen werden, welche im Mittel 9,49 Min. ergeben. Da die Reihen nur kurz sind (längste Reihe hat 18 Schwingungen) und die Seiches nur in den komplizierteren Kurvenbildern gemessen werden müssen, ist die geringe Übereinstimmung mit dem grössten

Wert der Dauer von 9,80 Min. und dem kleinsten von 9,14 Min. erklärlich. Die Reihe der Schwebungen ist zu kurz, um hieraus und dem genauer bekannten Werte der Dauer der 8 Min.-Seiche die Periodendauer unserer Seiche zu bestimmen.

Nach dem 22. August ist sie nur noch einmal in der schon mitgeteilten Schwebung vom 22. November [Tafel II Fig. 15] zu finden.

7.) **Die 8 Min.-Seiche** ist eine häufigere Schwingung dieser Station, wegen der geringen Amplitude aber gewöhnlich nur durch Vergleich mit den Aufzeichnungen anderer Beobachtungspunkte zu finden. Die Messungen der Periodendauer ergeben bei 156 gemessenen Einzelschwingungen, die sich auf 6 Reihen verteilen, eine Dauer von 8,26 Min.

8.) **Die 7 Min.-Seiche** gehört ebenfalls zu den öfters auftretenden Schwingungen. Einmal erreicht sie eine Schwingungsweite von 50 mm. Sie kann mit ihrer Periodendauer meistens nur in wenigen aufeinanderfolgenden Schwingungen gemessen werden, da sie bei kleinerer Amplitude unter den Interferenzkurven schwer zu erkennen ist. Auch unter Eis tritt sie noch mit einer Elongation von 5 mm auf. Im folgenden seien die Ausmessungen der Limnogramme für diese Seiche angefügt.

Tabelle
der 7 Min.-Seiches aus dem Seebrucker Limnogramme.

Beginn	Anzahl	Perioden-dauer in Min.	Pegel in „cm“	Amplitude in „mm“
4. Juli 10^{00}	9	7,00	86	18
11. „ 12^{22}	10	7,00	64	10
20. „ 10^{06}	19	6,97	51	8
21. „ 2^{21}	13	7,00	56	15
21. „ 4^{36}	11	6,91	56	27
23. „ 12^{13}	21	7,14	59	3
23. „ 5^{11}	8	7,00	59	5
27. „ 7^{53}	31	7,00	60	20
28. Juli 4^{45}	20	7,20	61	10
2. Aug. 4^{25}	27	6,93	60	30
3. „ 6^{00}	7	7,00	60	36
3. „ 6^{12}	25	7,00	60	105
8. Okt. 7^{20}	19	7,00	41	5
10. „ 6^{10}	20	7,00	40	4
31. „	18	7,11	19	5
Mittel:	258	7,01		

Nur die Mittel aus 4 Reihen weichen stärker vom Gesamtmittel von 7,01 Min. ab. Die anderen gut übereinstimmenden Werte weisen keine Änderung der Dauer mit der Zeit auf.

9.) **Die 5 Min.-Seiche** erscheint an dieser Station selten oder wahrscheinlich öfters mit so kleiner Amplitude, dass sie unter den anderen Schwingungen nicht hervortritt. Das Mittel aus 68 gemessenen Schwingungen gibt 5,04 Min. Periodendauer, wobei die einzelnen Mittel wenig abweichen.

10.) **Die 4 Min.-Seiche** ist nur einmal in einer schönen Reihe von 72 Schwingungen zu 4,12 Min. Periodendauer zu messen. Eine Seiche zwischen 5 Min. und 3 Min. ist wohl öfters zu erkennen, aber nie deutlich.

11.) **Die 3 Min.-Seiche** zeigt sich verhältnismässig häufig, wobei sie einmal eine Amplitude von 25 mm erreicht. Die Dauer ergibt sich bei den grösseren Reihen sehr nahe zu 3,00 Min. Merkwürdig ist, dass auch diese Seiche geringer Dauer unter Eis auftritt und zwar mit einer Schwingungsweite von 10 mm.

12.) Ausserdem finden sich im Seebrucker Limnogramme häufig Schwingungen von kürzerer Dauer. Bei dem benützten Streifengang aber geben die Messungen keine Übereinstimmung für die Periodendauer. Dazu treten sie meistens bei heftigem Wellengang auf, wo die Kurven schraffiert erscheinen und andere aperiodische Wasserstandsänderungen dazukommen. Der dort anlässlich der Tieferlegungsarbeiten verkehrende Dampfer erzeugt Vibrationen von ungefähr 5 Sekunden Periodendauer und 1 mm Amplitude und schraffiert diese Kurvenzüge auch bei ruhigem See.

C. Zusammenfassung der Ergebnisse und weitere Beobachtungen mit dem Zeigerlimnimeter.

Zusammenfassung: Die Beobachtungen in Schafwaschen und Seebruck ergaben als Resultate eine grosse Zahl von Seiches verschiedener Periodendauer. Durch Vergleich der gleichzeitigen Aufzeichnungen konnte die 43 Min.-Seiche mit entgegengesetzter Phase an beiden Stationen erwiesen werden. Mit ihr war sonach die Hauptschwingung des Chiemsees gefunden. Die 29 Min.-Seiche hatte sich mit gleicher Phase erwiesen. Es musste daher in ihr die binodale Seiche des Sees erblickt werden. Die übrigen Seiches konnten bei den komplicierten Kurvenbildern beider Stationen vorerst nicht verglichen werden.

Weitere Schlüsse konnten aus den Beobachtungen zunächst noch nicht gezogen werden. Bei der komplicierten Beckenform liess sich noch nichts Bestimmteres über den Verlauf der Hauptschwingungsachse und die Lage des Knotens der 43 Min.-Seiche sagen. Dann war die nähere Ausgestaltung der 29 Min.-Seiche aus den Registrierungen an den Seeenden noch nicht zu ersehen. Das Verhältnis der Periodendauern von Grund- und erster Oberschwingung im Mittel 43,21 : 28,96 — 1,49 : 1, das noch kleiner ist als das am Starnbergersee gefundene mit dem Werte 1,58 : 1, weicht so sehr von dem an anderen Seen erhaltenen ab, dass diese Unregelmässigkeit etwaige Schlüsse über die binodale Schwingung unseres Sees noch unsicherer machte.

Beobachtungen mit dem Zeigerlimnimeter. An ausgewählten Tagen wurden beide registrierenden Apparate kontroliert und mit genauen Zeitmarken versehen und hierauf an Zwischenpunkten mit dem Zeigerlimnimeter Aufnahmen des Wasserstandes gemacht.

4 Beobachtungen in Chieming ergaben für die 16 Min.-Seiche entgegengesetzte Phase mit Seebruck, für die 11 Min.- und 7 Min.-Seiche gleiche Phase. Eine 2 stündige Aufnahme im Kailbachwinkel lieferte für die 43 Min.-Seiche gleiche Phase, aber nur $^1/_3$ der dortigen Amplitude, dazu eine Oberschwingung von ungefähr 20 Min. Dauer. Durch diese Beobachtung war Schafwaschen als westliches Ende der Hauptschwingungsachse erwiesen. Weitere Aufzeichnungen des Wasserstandes in Feldwies, dann im Irschner Winkel und in Mühlen, den schon bei den Voruntersuchungen erwähnten Punkten, liessen keine genügende Übereinstimmung mit den gleichzeitigen Limnogrammen in Seebruck und Schafwaschen erkennen. Der Grund war, dass aus den kleinen Stücken der Interferenzkurven die einzelnen Schwingungen nicht erkannt und dass in Seebruck selbst die Kurvenbilder noch nicht entziffert werden konnten.

Um Klarheit in das komplizierte Schwingungsbild des Sees zu bringen, hätten die beiden registrierenden Limnimeter nach und nach an verschiedenen Punkten des Sees aufgestellt werden müssen. Die Untersuchungen hätten so noch mehrere Jahre in Anspruch genommen und hätten noch manche Einzelheiten, wie wir später sehen werden, nicht aufklären können. Nachdem nun das Zeigerlimnimeter während der Monate April, Mai und Juni die gewünschten Ergebnisse nicht gebracht hatte, reifte der Entschluss, ein drittes selbstregistrierendes Limnimeter zu konstruieren, welches seinen Ort wechseln sollte, während die beiden Limnimeter System Sarasin an den Enden der Seeachse dauernd weiter registrieren sollten.

IV. Das transportable Limnimeter und die Beobachtungsergebnisse an dessen Aufstellungsorten.

A. Das transportable Limnimeter.

1. Beschreibung des Instrumentes.

Es musste mit einfachen Mitteln ein leicht transportables und rasch aufstellbares Instrument hergestellt werden. In folgender Form wurde dasselbe ausgeführt:[1])

Der Schutzcylinder C (vgl. Figurenskizze auf Tafel I Fig. 6) von 45 cm Durchmesser, der in den Ufersand eingegraben wird,

[1]) Die Herstellung gelang erst, als Herr Professor Dr. H. Ebert an der technischen Hochschule in München mir ein feines Genferfederuhrwerk, dasselbe wie es bei den Sarasin'schen Apparaten verwendet wird, für das geplante Limnimeter zur Verfügung stellte.

hat einen seitlichen Rohransatz a, durch welchen derselbe mittels Rohrstücken und Schlauch mit genügend tiefen Seestellen kommuniziert. Derselbe nimmt den Schwimmer Sch von 30 cm Durchmesser auf, der die gleiche Form wie die Schwimmer der Sarasin'schen Apparate hat, so dass die Schwimmerstange b in dem achsial durch den Hohlkörper Sch führenden Rohre festgeklemmt werden kann.

Um bei der Auf- und Abbewegung der Schwimmerstange Reibung und Klemmen zu vermeiden, wurde die Rollenführung gewählt und dazu direkt ein Teil des Regulierapparates einer Schuckert'schen Bogenlampe benützt. Die Spule des Elektromagneten m trägt im Innern an beiden Enden je zwei diametral gegenüberliegende Friktionsrollen r. Diese greifen mit ihren scharfen Rändern in die Nuten eines vertikalen, beweglichen Hohlcylinders h ein. In demselben wird die Schwimmerstange von unten gesteckt und beide können mit einer Schraube s verstellbar festgeklemmt werden.

Der Schreibstift t wird durch seine horizontale Führung durch den Hohlcylinder h gesteckt und mittels eines Winkelhebels w an die vertikale Schreibtrommel T gedrückt. Die Schwimmerstange trägt also direkt den Schreibstift.

Der Registrierapparat besteht aus einer vertikalen Schreibtrommel T von 360 mm Umfang und 18 cm Höhe. Die Achse der Trommel c ist nach unten verlängert und dreht sich einerseits in einer Vertiefung der Bodenplatte B des Apparates, andererseits in einer von 2 Trägern gehaltenen Führung f 10 cm über der Bodenplatte. Diese Achse trägt ein grösseres abnehmbares konisches Zahnrad Z, in welches das gleichfalls konische Triebrad des Uhrwerkes z eingreift, das seinerseits auf der horizontalen Stundenachse des Uhrwerkes U sitzt.[1])

Über den ganzen Apparat, der 34 cm lang, 18 cm breit und 26 cm hoch ist, wird ein Schutzkasten gestellt, der auch noch über die Bodenplatte übergreift, so dass der Apparat gegen Witterungseinflüsse geschützt ist. Der Kasten ist nach oben abnehmbar.

Da die Trommel in 6 Stunden sich einmal um ihre Achse dreht, (um denselben Masstab bei der Kurvenzeichnung zu liefern, wie die Hauptapparate: 1 mm = 1 m), muss nach dieser Zeit der Schreibstift herabgelassen bezw. hinaufgeschoben werden, damit die Kurvenlinien nicht übereinandergreifen. Dies kann ohne Abnehmen des Schutzkastens geschehen, indem der auf der Schwimmerstange sitzende Hohlcylinder h nach Lockern der Schraube s verstellt wird.[2])

War der See im Steigen oder Fallen, so verrückte sich die Mittellinie der Niveauschwankungen von selbst, so dass die

[1]) Herrn Maschinenmeister Nussbaumer in Traunstein sei für die freundlichen Dienste bei der detaillierten Ausführung auch an dieser Stelle gedankt.

[2]) Die notwendige selbsttätige Regulierung konnte nicht mehr angebracht werden, da der Apparat möglichst rasch seiner Bestimmung zugeführt werden musste.

Kurvenzüge immer unterschieden werden konnten, was die ganze Zeit bis auf wenige Tage der Fall war, da der Chiemsee während der 2. Hälfte des Sommers seinem alpinen Charakter entsprechend fällt. Bei Tag wurde besagte Bedienung alle 6 Stunden ausgeführt und, wenn eine grössere atmosphärische Störung bemerkt wurde, auch bei Nacht. Ausserdem wurde das Unterscheiden übereinandergreifender Kurven dadurch kenntlich gemacht, dass abends der Schreibstift (aus weichem Blei) scharf gespitzt wurde, so dass derselbe beim 2ten Umgange etwas abgeschrieben war und die Kurvenlinie dicker gezeichnet wurde.

Das Papier wurde je nach Bedarf alle ein oder zwei Tage aufgezogen, bei kleineren Seeschwankungen bis 4 Tage belassen, so dass ganze Tagesregistrierungen untereinander zu stehen kamen, welche das Studium erleichterten. Dabei hatten übereinanderliegende Punkte genau 6 Stunden Zeitdifferenz, wodurch die zeitliche Orientierung leicht möglich war. Beim Aufziehen und Wegnehmen des Papiers wurde die Bahnzeit notiert und daraus der wahre Streifengang bestimmt.

Die Befestigung des Apparates bei der Aufstellung kann in wenigen Minuten geschehen, da drei Eisenbänder unter der Bodenplatte hervorragen, welche mittels 3 Schrauben an ihren Enden auf jedem Stege festgemacht werden können.

2. Fehlerquellen.

Was die möglichen Fehlerquellen anlangt, so kommen zunächst die gleichen Änderungen der Dimensionen durch Temperaturschwankungen in Betracht, wie bei den Sarasin'schen Limnimetern, welche ebenso vernachlässigt werden können. Dadurch aber, dass der Stift direkt an der Schwimmerstange befestigt ist, fallen die merklichen zeitweisen Störungen weg, die bei den besprochenen Limnimetern immerhin lästig waren. Und dieses Limnimeter verzeichnete immer Seeschwankungen, wenn auch nur von $^1/_2$ mm, wo die Apparate an den Enden gerade Linien aufwiesen, so dass die Annahme, der See sei nie in Ruhe, dadurch bestätigt wird.

Dagegen kommen merkliche Fehler beim Registrierwerk in Betracht. Einmal hat das Zahnrad einen toten Gang, der bei der Einstellung der Walze bis 1 Minute betragen kann. Dann werden die Führungsrollen allmählich immer wieder lose auf ihrer Achse, so dass die Ausweichung des Stiftes bei Anbringen der Zeitmarke (durch Auf- und Abbewegen der Schwimmerstange) bis 2 mm = 2 Min. betragen kann, welche Fehler aber bei entsprechender Bedienung vermieden werden können.

B. Beobachtungsergebnisse an den einzelnen Aufstellungsorten.

1. In Feldwies.

Nach Fertigstellung dieses Limnimeters konnte mit der gleichzeitigen Beobachtung an 3 verschiedenen Punkten des Sees begonnen werden. Um die drei Limnogramme miteinander

vergleichen zu können, wurden sämtliche Apparate an demselben Tage kontrolliert und mit übereinstimmenden Zeitmarken versehen.[1]) Als erster Aufstellungsort wurde ein Punkt der ungefähren Mitte der Hauptachse in der Nähe des Ortes Feldwies gewählt. Die Stelle liegt genau südlich von Seebruck, am Eingang der Feldwieser Bucht, 50 m östlich der Mündung des Ueberseer Baches (vgl. Karte Tafel I, Fig. 1). In Ermanglung eines Steges wurde das Instrument auf zwei dazu geschlagenen Pfählen aufgestellt. Dasselbe funktionierte dort vom 21. Juli $1^{\underline{00}}$ p. m. bis 14. August 10^{46} a. m. ohne jede Störung.[2])

Überblicken wir die Aufzeichnungen während dieser 24 Tage, so finden wir das Bild nicht viel einfacher als in Seebruck. Doch ist öfters als dort die eine oder andere Schwingung vorherrschend und manchmal sogar rein. Die grösste Amplitude war während dieser Zeit 80 mm, aber auch Schwingungen von $^1/_2$ mm sind noch zu messen und dann gewöhnlich am regelmässigsten. Nachzuweisen sind an dieser Station folgende Seiches: 1.) Die 43 Min.-Seiche. 2.) Die 18 Min.-Seiche. 3.) Die 16 Min.-Seiche. 4.) Die $12^1/_2$ Min.-Seiche. 5.) Die $9^1/_2$ Min.-Seiche. 6.) Die 8 Min.-Seiche. 7.) Die 7 Min.-Seiche. 8.) Die 4 Min.-Seiche.

1.) **Die 43 Min.-Seiche** zeigt sich 4 mal sehr deutlich mit entgegengesetzter Phase und $^1/_4$ der Amplitude von Schafwaschen, also mit grösserer Amplitude als in Seebruck. Der Kurvenzug hat dabei keine regelmässige Form und verschwindet nach der 1ten, spätestens 2ten Schwingung.

2.) **Die 18 Min.-Seiche** ist auch an dieser Station gewöhnlich verborgen. Am häufigsten zeigt sie sich in der bekannten Form der Schwebungen beim Zusammentreten mit der folgenden 16 Min.-Seiche. Sie hat mit Seebruck entgegengesetzte Phase und $^5/_8$ der dortigen Amplitude. Auch mit Schafwaschen zeigt die Schwingung übereinstimmenden Gang und zwar gleiche Phase.[3]) Doch ist sie auffälliger Weise manchmal dort nicht zu finden, obwohl sie in Feldwies mit merklicher Amplitude auftritt. Ein Beispiel einer deutlichen Schwebung ist das vom 27. Juli $10^{\underline{22}}$ auf Tafel II Fig. 10. Die Dauer selbst kann nur einmal in einer langen Reihe von 44 Schwingungen zu 18,00 Min. gemessen werden.

3.) **Die 16 Min.-Seiche** ist sehr häufig zu erkennen und hat mit Seebruck entgegengesetzte Phase und fast gleiche Amplitude. Die Periodendauer lässt sich an dieser Station deutlich messen, weshalb die Messungen in folgender Tabelle angefügt seien. Statt des Pegels sei eine Rubrik für die gleichzeitig in Seebruck auftretenden Seiches aufgenommen (in Schafwaschen tritt, wie schon erwähnt, fast ständig die 43 und 29 Min.-Seiche auf, weshalb dieselben nicht erwähnt sind). Diese Rubrik soll eine ungefähre Vorstellung von dem Schwingungszustand des ganzen Sees geben.

[1]) Erleichtert war die Kontrole, wie viele persönliche Beobachtungen, dadurch, dass die Dampfschiffverbindung benützt werden konnte. Herr Direktor Fessler gewährte dem Beobachter freie Fahrt und erlaubte ausserdem, für eventuelle Beobachtungen die Schiffsmannschaft zu gebrauchen, wofür auch öffentlich bestens gedankt sei.

[2]) Die Bedienung übernahmen die beiden Fischer Gebrüder Ebner bereitwilligst und erlaubten die Aufstellung hinter der Fischerhütte.

[3]) Durch gleichzeitige Aufnahme mit dem Zeigerlimnimeter vor dem Eingang in die Feldwieser Bucht war festgestellt, dass bei der Fortsetzung der Schwingungen in die enge, seichte Bucht bis zum Limnimeter keine Phasen- und Amplitudenänderungen stattfinden.

Tabelle
der 16 Min.-Seiches aus dem Feldwieser Limnogramme.

Beginn	Anzahl	Perioden-dauer in Min.	Amplitude in „mm“	Seiches in Seebruck
21. Juli 1^{00}	12	15,83	14	18; 16; 11
22. „ 12^{21}	16	15,75	6	18; 16
23. „ 11^{45}	50	15,84	10	16; 11; 7
25. „ 11^{17}	14	15,83	4	16; 8
26. „ 4^{00}	19	15,87	7	16; 11
28. „ 9^{20}	25	15,68	11	16; 7
29. „ 5^{27}	15	15,86	3	16; 11
30. „	28	15,82	3	
2. Aug 3^{00}	16	15,81	15	18; 16; 11; 8
3. Aug. 2^{30}	10	15,70	80	16; 11
3. „ 10^{00}	20	15,85	20	16; $9^1/_2$
5. „ 12^{05}	19	15,79	8	
8. „ 1^{44}	11	15,82	11	18; 16; 11
8. „ 7^{00}	19	15,69	30	
10. „ 8^{49}	19	15,79	5	16; 11
13. „	7	15,71	4	
14. „ 6^{53}	12	15,83	2	18; 16; 11
Mittel:	312	15,80		

Der Mittelwert 15,80 Min. stimmt mit dem gleichzeitig in Seebruck erhaltenen von 15,84 gut überein.

4.) **Eine $12^1/_2$ Min.-Seiche** ist häufig in dem Feldwieser Limnogramme vorhanden. In Seebruck ist diese Seiche nicht zu finden, sondern jedesmal tritt dort mit ihr gleichzeitig die 11 Min.-Seiche auf. Sie interferiert mit sämtlichen anderen Seiches dieser Station, wodurch wieder neue Interferenzbilder entstehen. Das deutliche Kurvenbeispiel vom 10. August 5^{54} zeigt diese Seiche fast ganz rein (Tafel II Fig. 17). Die grösste Amplitude beträgt 16 mm. In folgender Tabelle mögen die Messungen der Dauer und Amplitude mitgeteilt sein.

Tabelle
der $12^1/_2$ Min.-Seiches aus dem Feldwieser Limnogramme.

Beginn	Anzahl	Perioden-dauer in Min.	Amplitude in „mm“	Seiches in Seebruck
23. Juli 5^{00}	25	12,52	8	16
27. „ 9^{31}	16	12,44	9	
1. Aug. 4^{32}	17	12,55	13	11; 8
4. „ 11^{30}	21	12,50	6	11
7. „ 4^{12}	18	12,50	18	
7. „ 3^{40}	14	12,57	15	11
7. Aug. 8^{20}	23	12,52	8	16; 11
8. „ 10^{00}	20	12,50	3	
9. „ 8^{33}	14	12,44	11	11; 8
10. „ 5^{00}	10	12,50	5	16; 11; 8
10. „ 11^{42}	10	12,50	15	11; 8
Mittel:	188	12,48		

Die Periodendauer berechnet sich im Mittel zu 12,48 Min., weshalb sie kurz $12^1/_2$ Min.-Seiche heisst.

5.) **Die $9^1/_2$ Min.-Seiche** konnte nur zweimal mit Sicherheit aus dem Limnogramme erkannt werden. Das einemal nur konnte sie gleichzeitig in Seebruck gefunden werden, wo sie gleiche Phase und doppelte Amplitude hat.

6.) **Die 8 Min.-Seiche** ist neben der 16 Min.-Seiche die häufigste Schwingung in Feldwies (vgl. Beispiel vom 8. August 4^{10} Tafel II Fig. 16). Sie hat im Vergleich mit Seebruck gleiche Phase und doppelte Amplitude. Auch mit Schafwaschen hat die Schwingung gleiche Phase. Doch tritt die Seiche dort nicht immer auf, wenn auch Feldwies grössere Amplitude aufweist. Eine gleichzeitige Aufnahme mit dem Zeigerlimnimeter in Kailbach liess die 8 Min.-Seiche dort nicht erkennen, obwohl in Feldwies 5 mm Amplitude gemessen wurden. In folgender Tabelle seien die Messungen für diese Seiche mitgeteilt.

Tabelle
der 8 Min.-Seiches aus dem Feldwieser Limnogramme.

Beginn	Anzahl	Perioden-dauer in Min.	Amplitude in „mm“	Seiches in Seebruck
23. Juli $12^{\underline{26}}$	8	8,13	2	16; 11
25. „ $3^{\underline{25}}$	17	8,12	2	
28. „ $9^{\underline{20}}$	27	8,33	4	16; 8
30. „	21	8,14	2	
31. „ $4^{\underline{22}}$	11	8,17	14	11; 8
1. Aug. $10^{\underline{32}}$	13	8,39	16	8
2. Aug. $10^{\underline{03}}$	16	8,12	80	16; 11; 8
7. „ $3^{\underline{26}}$	10	8,40	30	11; 8
10. „ $11^{\underline{42}}$	24	8,29	6	16; 11; 8
11. „ $8^{\underline{00}}$	11	8,26	5	
12. „	20	8,35	3	
Mittel:	205	8,22		

Die Messungen der Periodendauer geben eine weniger befriedigende Übereinstimmung. (Abweichung + 2%) da dieselben durchwegs an Interferenzkurven vorgenommen werden mussten. Die mittlere Dauer von 8,22 Min. nähert sich dabei doch dem in Seebruck gefundenen Werte von 8,26 Min.

7.) **Die 7 Min.-Seiche** lässt sich 4 mal angenähert mit ihrer Periodendauer messen, wobei 37 Einzelschwingungen eine mittlere Dauer von 6,87 Min. ergeben. Der Vergleich mit Seebruck ergibt einmal entgegengesetzte Phase und $^1/_4$ der dortigen Amplitude.

8.) **Die 4 Min.-Seiche**, die einzige von geringer Dauer ist 3 mal zu finden, wobei 31 Schwingungen im Mittel eine Periodendauer von 4,23 Min. haben. In Seebruck kann die Schwingung gleichzeitig nicht erkannt werden.

In Feldwies nicht zu finden sind: 1.) Die 29 Min.-Seiche, obwohl sie gleichzeitig in Schafwaschen mit 48 mm Amplitude sich zeigt und die Limnogramme genau verglichen wurden. 2.) Die 11 Min.-Seiche, wobei statt ihr eine $12^1/_2$ Min.-Seiche gleichzeitig den See beherrscht. 3.) Die 5 Min.-Seiche. 4.) Die 3 Min.-Seiche. 5.) Seiches kürzerer Dauer.

2. In Felden.

Am 14. August wurde das transportable Limnimeter an das Westende des Südufers geschafft und in Felden, ungefähr an der Stelle, wo das Südufer gegen Südwesten auszubiegen beginnt, um 800 m westlich den Irschner Winkel zu bilden, im Hofe des Ortsvorstehers Herrn Haumeier aufgestellt.[1]) (Vgl. Karte 2. Station.)

Der Ort wurde gewählt, einmal um die Knotenlinie der 43 Min.-Seiche festzustellen, dann auch um die übrigen Schwingungen, besonders die von 29 Min. Dauer, weiter zu verfolgen, welch letztere sich in der ungefähren Mitte der Hauptachse, in Feldwies, nicht gezeigt hatte.

Das Instrument funktionierte dort ununterbrochen vom 14. August $2^{\underline{50}}$ bis 2. September 6^{57}, also fast 19 Tage.

Das Kurvenbild ist weit einfacher als an den bereits untersuchten Stationen des Weitsees. Reine Seiches sind dort zwar auch selten, aber das Interferenzbild ist leichter zu entziffern, weil

[1]) Dessen Sohn Herr M. Haumeier übernahm bereitwilligst die Bedienung.

fast nie mehr als 2 Schwingungen gleichzeitig auftreten. Die grösste Schwankung betrug in dieser Zeit 38 mm (in Schafwaschen 68 mm).

Zu erkennen sind folgende Schwingungen: 1.) Von 43 Min. 2.) Von 29 Min. 3.) Von 18 Min. 4.) Von 16 Min. 5.) Von $12^1/_2$ Min. 6.) Von 4 Min. 7.) Solche geringerer Dauer.

1) **Die 43 Min.-Seiche** konnte nur zweimal durch genauen Vergleich mit dem Schafwaschener Limnogramme nachgewiesen werden und zwar mit gleicher Phase und $^1/_8$ der dortigen Amplitude.

2.) **Die 29 Min.-Seiche** ist in dem Limnogramme fast ständig vorhanden und interferiert häufig mit der 16 Min.-Seiche, von welchen beiden Seiches ein Interferenzbild vom 29. Aug. 4^{20} auf Tafel II Fig. 21 bereits mitgeteilt ist. Mit Schafwaschen hat sie entgegengesetzte Phase und $^2/_3$ der dortigen Amplitude. Die Messungen seien für diese Seiche in folgender Tabelle wiedergegeben.

Tabelle
der 29 Min.-Seiches aus dem Feldner Limnogramme.

Beginn	Anzahl	Periodendauer in Min.	Amplitude in „mm“	Seiches in Schafwaschen
14. Aug. 6^{32}	10	29,00	9	dikrot
15. „ $8^{\overline{47}}$	23	28,69	3	„
16. „ 10^{17}	11	28,73	6	„
17. „ 4^{22}	11	28,82	15	29 m
21. „ 4^{35}	14	28,72	9	dikrot
22. „ 9^{47}	21	28,71	6	„
23. „ 9^{38}	11	28,82	3	„
24. Aug. 8^{26}	4	29,00	3	29
27. „ 11^{12}	11	29,00	9	dikrot
28. „ 2^{00}	9	29,00	6	„
28. „ 11^{42}	18	28,94	12	„
30. „ 1^{00}	25	28,68	6	„
1. Sept. 6^{16}	17	28,77	12	„
Mittel:	185	28,80		

Die mittlere Periodendauer stimmt vollkommen mit dem für die gleiche Zeit in Schafwaschen gebildeten Mittel von 28,79 Min. überein.

3.) **Die 18 Min.-Seiche** beherrscht an dieser Station sehr häufig den See. Sie tritt mit der 29 Min.-Seiche zusammen, wie auch mit der folgenden 16 Min.-Seiche, mit welcher sie die bekannten Schwebungen bildet. Mit Seebruck hat sie entgegengesetzte Phase, wie aus reinen Reihen und den Schwebungen zu erkennen ist und mit Schafwaschen gleiche Phase, wie aus zwei aufeinander gelegten Reihen beider Stationen zu ersehen ist. Die Amplitude ist in Felden 1,8 mal so gross wie in Seebruck und 3 mal so gross wie in Schafwaschen. An den 19 Beobachtungstagen können 16 Reihen der 18 Min.-Seiche gemessen werden. Die Mittel stimmen nicht besonders überein, weil die Schwingung fast immer an Interferenzkurven gemessen werden muss. Das Gesamtmittel aus 305 Schwingungen gibt 18,09 Min.

4.) **Die 16 Min.-Seiche** ist ebenso oft, wie die obige an dieser Station zu finden. Sie hat gleiche Phase mit Seebruck und $^2/_3$ der dortigen Amplitude. Mit Kailbach zeigt sie gleiche Phase und die Hälfte der dortigen Amplitude, wie eine 2stündige Beobachtung mit dem Zeigerlimnimeter vom 2. September $1^{\underline{50}}$ ergibt. Die Messungen von 12 Reihen von im ganzen 226 Einzelschwingungen lassen eine mittlere Dauer von 15,78 Min. berechnen, welche mit dem gleichzeitigen Mittel von 15,81 Min. in Seebruck gut übereinstimmt.

5.) **Die $12^1/_2$ Min.-Seiche** kann nur zweimal mit Sicherheit erkannt werden und da nur, nachdem eine gleichzeitige Aufnahme mit dem Zeigerlimnimeter dieselbe in Kailbach mit entgegengesetzter Phase und 3facher Amplitude ergeben hatte.

6.) **Eine 4 Min.-Seiche** zackt bei unruhigem See die Limnogramme aus. 4 Reihen von 63 Einzelschwingungen ergeben eine mittlere Dauer von

4,29 Min. An anderen Stationen konnte die Seiche gleichzeitig nicht herausgefunden werden.

7.) Ausser diesen Schwingungen ist einmal eine Seiche von 3,27 Min. mittlerer Dauer zu messen und ferner solche von $1^1/_2$ Min., aber nicht deutlich.

In Felden nicht zu finden sind: 1.) Die 11 Min.-Seiche. 2.) Die $9^1/_2$ Min.-Seiche. 3.) Die 8 Min.-Seiche. 4.) Die 5 Min.-Seiche, obwohl sämtliche sich gleichzeitig in Seebruck zeigen.

3. In Mühlen.

Das Instrument wurde am 3. September nach Mühlen, dem Ende des Mühlener Winkels, gebracht und 80 m westlich von dem dort mündenden Mühlbache auf zwei Pfählen aufgestellt, woselbst es vom 3. September 9^{25} bis 20. September 2^{35} (bis auf eine Unterbrechung von 8 Stunden) funktionierte.[1]) (Vgl. Karte 3. Station.)

An dieser Station sollten die Untersuchungen Aufschluss geben, wie die Kommunikation nördlich der Herreninsel an den periodischen Seeschwankungen sich beteiligt, nachdem die Voruntersuchungen bereits lebhafte Bewegungen erwiesen hatten.

Der See zeigte sich dort während der 17tägigen Beobachtungszeit fast ständig in Schwankungen von über 10 mm begriffen. Die grösste Amplitude betrug 60 mm bei einer grössten von 84 mm in Schafwaschen. Dabei ist das Bild hier zum erstenmale regelmässiger. Ganze Tagesregistrierungen weisen öfters eine reine Schwingung auf.

Die folgenden Seiches sind hier zu messen: 1.) Die 29 Min.-Seiche. 2.) Die 18 Min.-Seiche. 3.) Die 16 Min.-Seiche. 4.) Die $12^1/_2$ Min.-Seiche. 5.) Die 8 Min.-Seiche. 6.) Die 7 Min.-Seiche. 7.) Die 3 Min.-Seiche.

1.) **Die 29 Min.-Seiche** lässt sich beim Vergleich mit Schafwaschen jedesmal auch in Mühlen finden und zwar mit entgegengesetzter Phase und der Hälfte der Schafwaschener Amplitude. Sie kann auch in 4 deutlichen Reihen gemessen werden, wobei eine mittlere Periodendauer von 28,91 Min. erhalten wird, während gleichzeitig in Schafwaschen 28,87 Min. gefunden wurde.

2.) **Die 18 Min.-Seiche** ist an dieser Station am deutlichsten und erscheint in langen Reihen. Der Vergleich mit den gleichzeitigen Seebrucker Aufzeichnungen ergibt gleiche Phase und doppelte Amplitude gegenüber dieser Station, was aus reinen Schwingungen, wie auch aus den Schwebungen mit der 16 Min.-Seiche ersichtlich ist. Auch in Schafwaschen ist die 18 Min.-Seiche einmal zu erkennen und hat entgegengesetzte Phase und $^1/_3$ der Mühlener Amplitude. Die Messungen für diese Seiche seien in der Tabelle auf folgender Seite angefügt.

3.) **Die 16 Min.-Seiche** beherrscht auch in Mühlen häufig den See und oft in langen Reihen reiner Schwingungen. Mit Seebruck hat sie gleiche Phase und rund $^5/_6$ der dortigen Amplitude. Die Messungen der Periodendauer stimmen gut überein. 277 Einzelschwingungen von 10 verschiedenen Reihen geben im Mittel 15,80 Min., welcher Wert das in Seebruck gleichzeitig erhaltene Mittel von 15,79 Min. als richtig bestätigt.

[1]) Die Bedienung übernahm freundlichst Herr Oberleitner und dessen Sohn.

Tabelle
der 18 Min.-Seiches aus dem Mühlener Limnogramme.

Beginn	Anzahl	Perioden-dauer in Min.	Amplitude in „mm“	Seiches in Seebruck
4. Sept. 1^{10}	11	17,91	4	18; 11
5. „ 3^{03}	12	18,00	6	18; 16
5. „ 7^{42}	30	18,27	24	29; 18; 16
6. „ 8^{57}	48	18,30	22	18; 16; 7
7. „ 8^{39}	17	18,23	6	18; 16
8. „ 5^{30}	32	18,09	5	
12. Sept. 8^{11}	18	18,06	16	18: 16; 8; 5
12. „ 4^{15}	12	18,15	8	18; 11
15. „ 1^{30}	9	18,00	4	
17. „ 6^{11}	17	18,23	9	18; 3
19. „ 5^{10}	47	18,04	6	18; 16
Mittel:	253	18,14		

Die Abweichungen vom Mittel betragen unter 1% (—0,17 Min.) der mittleren Periodendauer von 18,14 Min., welche sich der in Felden gefundenen von 18,09 Min. und der in Seebruck berechneten von 18,19 Min. hinreichend nähert. Ein Beispiel ist die Kurve vom 19. September 6^{06}, welche die 18 Min.-Seiche fast rein zeigt. Nur eine leichte Schwebung ist sichtbar (Tafel II Fig. 10).

4.) **Die $12^1/_2$ Min.-Seiche** ist hinreichend deutlich zu erkennen, tritt aber nie rein auf und nur in kürzeren Reihen, so dass die Messungen der Periodendauer bei 103 Einzelschwingungen von 8 verschiedenen Reihen nicht gut übereinstimmen. Doch nähert sich das Gesamtmittel von 12,51 Min. sehr dem in Feldwies gemessenen von 12,48 Min., wodurch die bis dahin einzigen Messungen bestätigt werden. In Seebruck tritt wieder gleichzeitig mit ihr in 7 von den 8 aufgefundenen Fällen die 11 Min.-Seiche deutlich auf.

5.) **Die 8 Min.-Seiche** ist selten an dieser Station vorhanden und immer nur in wenigen Schwingungen. Mit Seebruck hat sie entgegengesetzte Phase und gleiche Amplitude. In Schafwaschen ist sie zweimal gleichzeitig zu erkennen und weist entgegengesetzte Phase und $^1/_4$ der Mühlener Amplitude auf.

9.) **Die 7 Min.-Seiche** ist einmal beim Vergleich mit Seebruck nachzuweisen und zwar mit entgegengesetzter Phase und gleicher Amplitude.

7.) **Eine 3 Min.-Seiche** weist einmal bis 15 mm Amplitude auf und ist auch gleichzeitig in Seebruck mit fast derselben Dauer zu messen. Eine Phasenvergleichung ist bei der geringen Dauer nicht möglich.

In Mühlen nicht zu finden sind: 1.) Die 43 Min.-Seiche. 2.) Die 11 Min.-Seiche. 3.) Die $9^1/_2$ Min.-Seiche. 4.) Die 5 Min.-Seiche, von welchen Schwingungen nur die $9^1/_2$ Min.-Seiche auch an anderen Stationen nicht zu erkennen ist.

Gleichzeitig mit Mühlen wurde wieder eine Beobachtung in Kailbach mit dem Zeigerlimnimeter angestellt. Die erhaltene Kurve zeigt mit dem Mühlener Limnogramme vollständig parallelen Gang und fast gleiche Amplitude. In Mühlen beherrschte eben die bekannte Schwebung aus der 18 und 16 Min.-Seiche den See.

4. In Stock.

Nachdem die 29 Min.-Seiche südlich und nördlich der Herreninsel mit entgegengesetzter Phase im Vergleich mit Schafwaschen sich gezeigt hatte, lag die Vermutung nahe,

dass der mittlere Schwingungsbauch dieser Seiche noch weiter westlich liege. Um dies festzustellen und zugleich die übrigen Seiches weiter aufzuklären, wurde das Limnimeter am 20. September nach Stock, der ungefähren Mitte des Westufers des Inselsees, gebracht. Die Aufstellung erfolgte auf einem unbenützten Schiffsteg, etwa 50 m nördlich vom Hafenplatz der Dampfschiffe, woselbst das Limnimeter vom 20. September 5^{04} bis 27. September 2^{08} tätig war.

Da der See während dieser 7tägigen Beobachtungszeit überhaupt ruhig war, wie aus der grössten Amplitude von nur 12 mm in Schafwaschen zu ersehen ist, verlaufen auch die Schwankungen an dieser Station ruhig und erreichen nur eine maximale Ausweichung von 6 mm. Doch ist der See nie ohne Schwankungen zu sehen.

Folgende Seiches sind im Limnogramme enthalten: 1.) Die 43 Min.-Seiche. 2.) Die 29 Min.-Seiche. 3.) Die 16 Min.-Seiche. 4.) Vibrationen.

1.) **Die 43 Min.-Seiche** ist sehr deutlich verzeichnet, wenn sie bei der kleinen Amplitude auch nicht in längeren Reihen zu messen ist. Sie hat gleiche Phase mit Schafwaschen und ungefähr $^2/_5$ der dortigen Amplitude.

2.) **Die 29 Min.-Seiche** ist die vorherrschende Schwingung dieser Station und erscheint in langen Reihen. Mit Schafwaschen hat sie entgegengesetzte Phase und fast gleiche Amplitude. Als Beispiel hiefür sind die gleichzeitigen Aufzeichnungen beider Stationen vom 22. September 6^{24} auf Tafel II Fig. 7 mitgeteilt. Als mittlere Dauer ergibt sich aus 59 gemessenen Seichesschwingungen 28,87 Min., welcher Wert mit der einzigen in Schafwaschen gemessenen Reihe von 28,85 Min. Dauer sehr gut übereinstimmt.

3.) Auch **die 16 Min.-Seiche** ist trotz der geringen Amplitude von 2 mm noch aus den Aufzeichnungen herauszulesen und hat gleiche Phase mit Seebruck. Die Amplitude kann bei den geringen Werten nicht genau verglichen werden (ungefähr $^1/_4$).

4.) Seiches von geringerer Dauer als 3 Min. sind hier zu messen und zwar einmal deutlich bei Ostwind Vibrationen von 2,36 Min. mittlerer Dauer. Ferner fallen während des Tages in bestimmten Zeiträumen auftretende Vibrationen auf, die des Nachts fehlen. Sie haben immer 23 bis 25 mm Amplitude und sind nach rund 25 Min. durch die rasche Dämpfung zerstört. Sie zerfallen in zwei verschiedene Formen, welche unter sich kongruent sind. Dieselben entstehen nach persönlicher Beobachtung des Verlassers bei der Ein- und Ausfahrt des Dampfers in und aus dem nahen Hafen. Sie sind Interferenzbilder aus 2 verschiedenen Schwingungen, wobei für die Ausfahrt Schwingungen von rund 2 Min. (2,02) und $1^1/_2$ (1,67) Min. und bei der Einfahrt von $2^1/_4$ (2,22) Min. und $1^1/_2$ (1,67) Min. Dauer interferieren. Auf Tafel II Fig. 23 a und b sind die Kurven für die Ein- resp. Ausfahrt mitgeteilt.

Nicht herauszufinden sind: 1.) Die 18 Min.-Seiche. 2.) Die $12^1/_2$ Min.-Seiche. 3.) Die 11 Min.-Seiche. 4.) Die $9^1/_2$ Min.-Seiche. 5.) Die 8 Min.-Seiche. 6.) Die 7 Min.-Seiche. 7.) Die 5 Min.-Seiche. 8.) Die 3 Min.-Seiche, wobei nicht ausgeschlossen ist, dass bei günstigerem Seicheswetter die eine oder andere Schwingung sich gezeigt hätte. In Seebruck sind davon deutlich in dieser Zeit zu finden: Die 18 Min.-Seiche mit 3 mm, die 11 Min.-Seiche mit 5 mm und die 8 Min.-Seiche mit 2 mm Schwingungsweite.

5. In Gstadt.

Es musste ein rascherer Wechsel mit den Beobachtungsorten eintreten, da noch an weiteren Punkten des Weitsees Beobachtungen angestellt werden mussten, bevor eintretender Frost die Untersuchungen unterbrechen konnte. Deshalb wurde am 27. September das Limnimeter nach Gstadt, einem Orte nord-westlich der Fraueninsel, gebracht, woselbst das Instrument vom 27. September $5^{\underline{10}}$ bis 5. Oktober $1^{\underline{55}}$ registrierte — mit einer 15stündigen Unterbrechung infolge Oststurmes. Die Aufstellung erfolgte auf einem Badehausstege.[1]) (Vgl. Karte Tafel I Fig. 1, 5. Station.)

Obwohl in Schafwaschen die Ausweichungen des Seespiegels bis 39 mm und in Seebruck bis 50 mm betrugen, konnten in Gstadt gleichzeitig nur Amplituden bis 7 mm gemessen werden. Dabei ist der See doch ständig in Bewegung. Die flachen Kurven sind häufig durch Schwingungen kurzer Dauer (Vibrationen) ausgezackt. In dem Limnogramme sind folgende Seiches festzustellen: 1.) Die 18 Min.-Seiche. 2.) Die 16 Min.-Seiche. 3.) Die 11 Min.-Seiche. 4.) Die 8 Min.-Seiche. 5.) Die 7 Min.-Seiche. 6.) Vibrationen.

1.) **Die 18 Min.-Seiche** hat mit Seebruck gleiche Phase und $^1/_3$ der dortigen Schwingungsweite, wie auch aus leichten Schwebungen ersichtlich ist.

2.) **Die 16 Min.-Seiche** tritt auch hier am häufigsten auf und dabei öfters rein in langen Reihen. Mit Seebruck hat sie entgegengesetzte Phase und $^1/_3$ der dortigen Amplitude. Die Messungen der Periodendauer geben bei 136 Einzelschwingungen im Mittel 15,78 Min., wieder einen mit Seebruck sehr befriedigend übereinstimmenden Wert, wo gleichzeitig 15,76 gefunden wurde.

3.) **Die 11 Min.-Seiche** ist nur durch Vergleich mit dem Seebrucker Limnogramme einmal zu finden mit entgegengesetzter Phase und rund $^1/_{10}$ der dortigen Amplitude.

4.) **Eine 8 Min.-Seiche** ist einmal genau zu 8,10 Min. zu messen, in Seebruck aber gleichzeitig nicht herauszulesen.

5.) **Eine 6,6 Min.-Seiche** ist einmal zu messen, in Seebruck aber ebenfalls nicht zu finden.

6.) Von den Vibrationen, welche häufig die Kurven auszacken, ist in Gstadt zweimal die übereinstimmende Dauer von 3,5 Min. zu erhalten. Am 1. Oktober 9^{10} kann bei genauer Zeitmarke (1 Stunde nachher wurden beide Apparate kontroliert) Phasenübereinstimmung mit Seebruck erwiesen werden, woselbst die gleiche Schwingung mit gleicher Phase und fast doppelter Amplitude auftritt.

Nicht nachzuweisen sind in dem Gstadter Limnogramme: 1.) Die 43 Min.-Seiche, obwohl sie bei über 30 mm Amplitude in Schafwaschen mit den Aufzeichnungen in Gstadt verglichen wurde. 2.) Die 29 Min.-Seiche ebenfalls nicht trotz Vergleich. 3.) Die $12^1/_2$ Min.-Seiche. 4.) Die $9^1/_2$ Min.-Seiche. 5.) Die 7 Min.-Seiche. 6.) Die 5 Min.-Seiche, obwohl sämtliche letzteren bis auf die 7 Min.-Seiche im Seebrucker gleichzeitigen Limnogramme zu erkennen sind.

[1]) Herr Grünäugl erlaubte freundlichst die Benützung desselben und übernahm auch die Bedienung.

6. In Arlaching.

Am 5. Oktober wurde das Limnimeter nach dem Ostufer des Weitsees, zunächst nach Arlaching, 1,5 km südlich von Seebruck, geschafft und auf einem Badehausstege aufgestellt, woselbst es vom 5. Oktober 4^{00} bis 22. Oktober 1^{32} (bis auf einige Stunden Unterbrechung) in Tätigkeit war.[1]) (Vgl. Karte Tafel I Fig. 1, 6. Station.)

Die Aufstellung daselbst bezweckte einmal, gleichzeitige Aufzeichnungen vor dem genauen Ende des Weitsees ohne die vielen Oberschwingungen zu erhalten, dann auch die Entscheidung zu ermöglichen, welche von den in Seebruck beobachteten Seiches Längs- und welche Querseiches des Weitsees seien, und endlich die Schwankungen kleinerer Dauer verfolgen zu können.

Die Aufzeichnungen verraten grössere Ruhe, wenn man von den aperiodischen Schwankungen absieht, welche an anderer Stelle besprochen werden. Die grösste Amplitude beträgt 15 mm, bei einer grössten in Seebruck von 35 mm und einer solchen in Schafwaschen von 51 mm. Häufig sind auch hier die ruhig verlaufenden Kurven durch Vibrationen ausgezackt.

Das Studium der Limnogramme ergibt folgende Seiches: 1.) Von 43 Min. 2.) 29 Min. 3.) 18 Min. 4.) 16 Min. 5.) 11 Min. 6.) 7 Min. 7.) 5 Min. Dauer. 8.) Vibrationen.

1.) **Die 43 Min. Seiche** ist durch Vergleich mit Schafwaschen mit entgegengesetzter Phase und etwas weniger als $^1/_6$ der dortigen Amplitude nachzuweisen (genau 62 : 10).

2.) **Die 29 Min.-Seiche**, welche während dieser Zeit in Schafwaschen 15 mm Amplitude nicht übersteigt, ist mit gleicher Phase zu erkennen. Das Amplitudenverhältnis ist bei der geringen Amplitude unter den anderen Schwingungen nicht genau zu messen (gemessen wurde 3,4 : 10).

3.) **Die 18 Min.-Seiche** hat in den drei auftretenden Reihen gleiche Phase mit Seebruck und rund $^5/_6$ der dortigen Amplitude. Die Periodendauer berechnet sich bei 54 gemessenen Einzelschwingungen zu 18,21 Min. Die besprochene Schwebung mit der 16 Min.-Seiche ist nicht herauszufinden.

4.) **Die 16 Min.-Seiche** ist auch hier am häufigsten und hat gleiche Phase und die Hälfte der Amplitude mit Seebruck. Die Periodendauer berechnet sich aus 6 Reihen von 148 Schwingungen zu 15,86 Min., welcher Wert von dem Mittel (15,70 Min.) aus einer einzigen während dieser Zeit in Seebruck gemessenen Reihe um 0,16 Min. (rund $1^0/_0$ der Dauer) abweicht.

5.) **Die 11 Min.-Seiche** kann durch Vergleich mit Seebruck wiederholt aus dem Limnogramme herausgelesen werden und hat gleiche Phase und $^1/_3$ der dortigen Amplitude.

6.) **Die 7 Min.-Seiche** konnte in drei Reihen mit Seebruck verglichen werden und hat entgegengesetzte Phase und $^1/_3$ der Seebrucker Amplitude.

---

[1]) Direktor des Kostümwesens der kgl. Hofbühnen und Kunstmaler Herr Buschböck erlaubte nicht nur die Aufstellung daselbst, sondern übernahm persönlich die Überwachung und Bedienung des Instrumentes und versah dazu noch wiederholt die beiden Apparate in Seebruck und Arlaching mit Zeitmarken, so dass ein genauer Vergleich der Limnogramme ermöglicht wurde. Für die vielen Bemühungen und wertvollen Dienste, die derselbe der Wissenschaft und dem Verfasser persönlich dadurch geleistet hat, sei ihm auch an dieser Stelle öffentlich gedankt.

7.) **Die 5 Min.-Seiche** ist in Arlaching sehr häufig und regelmässig. Vgl. Beispiel vom 16. Oktober 12^{31} Tafel II Fig. 18. Der Vergleich mit Seebruck ergibt in 5 Reihen deutlich gleiche Phase und die doppelte dortige Amplitude. Die Messungen mögen für diese Seiche hier mitgeteilt sein.

Tabelle
der 5 Min.-Seiches aus dem Arlachinger Limnogramme.

Beginn	Anzahl	Perioden-dauer in Min.	Amplitude in „mm“	Seiches in Seebruck
6. Okt.	6^{42}	17	5,06	2	
8. „	2^{13}	8	5,00	3	11
8. „	11^{12}	69	5,00	2	16; 11; 5
9. „	6^{37}	20	5,05	2	11; 5 ?
10. „	8^{44}	17	5,06	1	16; 11
14. Okt.	7^{16}	24	5,04	2	16; 5
16. „	12^{31}	13	5,00	3	5
16. „	8^{22}	15	5,07	5	29; 16; 5
21. „	4^{43}	22	5,05	2	
Mittel:		205	5,03		

8.) Ausserdem sind die Kurven von Schwingungen geringerer Dauer ausgezackt, welche aber zu wenig regelmässig sind, um gemessen und mit Seebruck verglichen werden zu können.

In Arlaching nicht zu finden ist die Seiche von 8 Min., obwohl sie in Seebruck mit 5 mm auftritt und die von $9^1/_2$ Min., welche auch dort nicht zu erkennen ist.

7. In Chieming.

Am 22. Oktober wurde das Limnimeter von Arlaching nach Chieming gebracht, um auch die Teilnahme der dortigen Ausbuchtung an den Seeschwankungen zu untersuchen. Auf einem Badehausstege, 300 m nördlich der Mündung des Chieminger Baches, wurde es aufgestellt und funktionierte vom 22. Oktober 3^{56} bis 5. November 1^{21} (mit einer 24 stündigen Unterbrechung). (Vgl. Tafel I. Fig. 1. 7. Station.)

Die 14 tägige Beobachtung fällt in eine sehr ruhige Zeit für Seeschwankungen, wo Schafwaschen als grösste Ausweichung nur 16 mm aufweist. Der Seespiegel ist hier trotzdem nie in Ruhe, sondern es treten Wasserstandsänderungen bis 7 mm auf. Die Aufzeichnungen ergeben folgende Schwingungen: 1.) Von 43 Min. 2.) Von 29 Min. 3.) Von 16 Min. 4.) Von 11 Min. 5.) Von 8 Min. 6.) Von 7 Min. 7.) Von 5 Min. Dauer.

1.) **Die 43 Min.-Seiche** ist durch Vergleich mit Schafwaschen mit entgegengesetzter Phase und ungefähr $^1/_9$ der dortigen Amplitude zu messen. Nur weil die Oberschwingungen fast fehlen, lässt sich diese Schwingung bei 1,5 mm Amplitude noch erkennen.

2.) **Die 29 Min.-Seiche** ist erst vom 3. November ab hier zu erkennen und zwar mit gleicher Phase und etwas mehr als ein Drittel der Amplitude (Verhältnis 10 : 26) in Schafwaschen.

3.) **Die 16 Min.-Seiche** tritt auch in Chieming häufig und deutlich auf und hat mit Seebruck entgegengesetzte Phase und fast die Hälfte der dortigen Amplitude.

4.) **Die 11 Min.-Seiche** kann, wenn auch nur in wenigen Schwingungen, beim Vergleich mit Seebruck mit gleicher Phase und ungefähr $^1/_4$ der dortigen Amplitude nachgewiesen werden.

5.) **Die 8 Min.-Seiche** ist zweimal deutlich in Reihen von 12 Schwingungen herauszulesen. In Seebruck ist sie gleichzeitg nicht zu finden, da eine der besprochenen Störungen (S. 11) den Schwimmer hinderte, diese geringen Ausweichungen von 2 mm mitzumachen.

6.) **Die 7 Min.-Seiche** kann in 10 Schwingungen zu 6,9 Min. gemessen werden und hat gleiche Phase mit Seebruck und $^1/_3$ der dortigen Schwingungsweite.

7.) **Die 5 Min.-Seiche** tritt ebenfalls deutlich auf, dabei ist sie zweimal gleichzeitig in Seebruck zu finden, doch ist die Übereinstimmung der Zeitmarken nicht so genau, um eine Phasenvergleichung vornehmen zu können.

In Chieming nicht herauszufinden sind: 1.) Die 18 Min.-Seiche, welche während dieser Zeit auch in Seebruck nicht auftritt. 2.) Die $12^1/_2$ Min.-Seiche. 3.) Die $9^1/_2$ Min.-Seiche. 4.) Die 3 Min.-Seiche, welch letztere ebenfalls in Seebruck in dieser Zeit nicht zu erkennen sind.

8. In Hagenau.

Um den Rundgang mit dem Limnimeter zu vollenden und zu untersuchen, welche von den nachgewiesenen Seiches des Weitsees etwa Partialschwingungen Seebruck-Grabenstätter Winkel seien, wurde das Limnimeter am 5. November nach der besagten Bucht geschafft und am Nordufer derselben fast genau südlich Hagenau in Ermanglung eines Steges auf zwei Pfählen aufgestellt, woselbst es vom 5. November $3\overline{24}$ bis 15. November $1\overline{40}$ tätig war. Störungen infolge Nachtfrost verhinderten von da ab weitere Untersuchungen. Vgl. Karte 8. Station.[1])

Die Aufzeichnungen in Hagenau übertreffen an Amplitude sämtliche Stationen. Schafwaschen, das bisher immer die grösste Ausweichung verzeichnete, weist während dieser Zeit eine maximale Amplitude von 21 mm auf, Hagenau dagegen 32 mm, Seebruck 15 mm. Die Kurven sind zeitweise sehr regelmässig, dann wieder sehr kompliziert. Die Aufzeichnungen ergaben folgende Seiches: 1.) Von 29 Min. 2.) Von 18 Min. 3.) Von 16 Min. 4.) Von 11 Min. 5.) Von 8 Min. 6.) Von 7 Min. 7.) Von 3 Min. Dauer.

1.) **Die 29 Min.-Seiche** bildet in Hagenau deutliche Reihen und zeigt sich zweimal fast rein, vgl. Beispiel Tafel II Fig. 12. Sie hat mit Schafwaschen und Seebruck gleiche Phase und das Amplitudenverhältnis berechnet sich aus 18 an allen drei Stationen gemessenen Schwingungen zu: Schafw.: Hag.: Seebr. $= {}^{172}/_{18} : {}^{73}/_{18} : {}^{51}/_{18}$. Die Amplitude in Seebruck ist also merklich kleiner als in Hagenau. In Chieming und Arlaching waren die einzelnen Amplituden zu klein, um dasselbe mit Sicherheit konstatieren zu dürfen.

2.) **Die 18 Min.-Seiche** tritt häufig auf. Einmal kann aus 25 aufeinanderfolgenden Schwingungen eine Dauer von 17,98 Min. gemessen werden. In Seebruck ist dieselbe gleichzeitig mit dieser Reihe nicht zu erkennen. Aus den bekannten Schwebungen, welche sich auch an dieser Station zeigen, kann einmal mit Seebruck entgegengesetzte Phase und die 3fache dortige Amplitude für Hagenau geschlossen werden.

[1]) Die Bedienung übernahm bereitwilligst Herr Mitterleitner junior.

3.) **Die 16 Min.-Seiche** beherrscht auch hier am häufigsten den See und erscheint in langen Reihen und oft sehr regelmässig. Vgl. als Beispiel die Kurve vom 13. November 1^{39} auf Tafel II Fig. 20. Mit Seebruck hat sie entgegengesetzte Phase und die $1^1/_2$fache dortige Amplitude.

4.) **Die 11 Min.-Seiche** ist auch häufig zu finden und hat mit Seebruck gleiche Phase und Amplitude.

5.) **Die 8 Min.-Seiche** ist zweimal deutlich zu erkennen und weist mit Seebruck gleiche Phase und die $1^1/_2$fache dortige Amplitude auf.

6.) **Die 7 Min.-Seiche** hat entgegengesetzte Phase mit Seebruck, wie aus 2 Reihen zu ersehen ist. Das Amplitudenverhältnis kann wegen der vielen Oberschwingungen in Seebruck nicht angegeben werden.

7.) **Die 3 Min.-Seiche** zeigt sich in Hagenau am regelmässigsten. (Vgl. Beispiel Tafel II Fig. 22 vom 7. November.) Auch in Seebruck tritt sie gleichzeitig auf; doch ist die Übereinstimmung der Zeitmarke nicht so genau, um die Phasen vergleichen zu können.

In Hagenau nicht zu finden ist: 1.) Die 43 Min.-Seiche, welche in Schafwaschen 20 mm Amplitude hat und genau mit Hagenau verglichen wurde. 2.) Die $12^1/_2$ Min.-Seiche. 3.) Die $9^1/_2$ Min.-Seiche. 4.) Die 5 Min.-Seiche, welche auch in Seebruck in dieser Beobachtungszeit nicht zu erkennen sind.

V. Die Schwingungsformen der Wassermasse des Chiemsees nach den Beobachtungsergebnissen.

1. Die 43 Min.-Seiche.

Schwingungsform. Die durch das dichte Beobachtungsnetz erhaltenen Resultate sollen nun für diese wie die folgenden Seiches in einer Tabelle zusammengestellt werden, um daraus auf die Schwingungsformen der Wassermasse des Chiemsees schliessen zu können. Die Stationen sind dabei von einem Seeende aus geordnet, so dass die auf dem einen Ufer liegenden Beobachtungsorte links, die auf dem andern rechts zu stehen kommen und falls sie in demselben Abstande vom Ende sich befinden, in derselben Zeile, andernfalls weiter oben resp. unten angefügt sind. Neben jeder Station steht die Verhältniszahl für die Amplitude, wobei diejenige des Ausgangspunktes = 100 gesetzt ist, und daneben in Klammern die Anzahl der zum Vergleiche benützten Schwingungen. Die entsprechenden Phasen sind durch positive resp. negative Zeichen ausgedrückt.

Zusammenstellung der Stationen mit den entsprechenden Amplituden und Phasen bei der 43 Min.-Seiche.

Station	Ampl. und Phase		Station
Schafwaschen	100 +	+ 100	Schafwachen
Stock (17)	37 +	+ 30	(2) Kailbach
Felden (4)	14 +	+ 0	(6) Mühlen
	Knoten		
Feldwies (6)	20 —	— 0	(10) Gstadt
Hagenau (5)	0 —		
Chieming (15)	10 —		
Arlaching (13)	15 —		
Seebruck (30)	17 —	— 17	(30) Seebruck.

Die 43 Min.-Seiche ist daher, wie schon oben angedeutet, **die uninodale Längsschwingung des Chiemsees mit der Schwingungsachse Schafwaschen-Südufer-Seebruck und der Knotenlinie zwischen Felden und Feldwies.** Die ganze Wassermasse des Sees schwingt darnach um eine Stelle zwischen Felden und Feldwies auf und ab, so dass Schafwaschen den höchsten Stand hat, wenn derselbe in Seebruck am niedrigsten ist und umgekehrt. Die Schwingungsachse bildet also fast eine halbkreisförmige Linie mit einer Länge von 19,5 km und einem Abstande der Enden in Luftlinie von 10 km. Nimmt man die Abstände von der Knotenlinie angenähert proportional der Amplitude, so ergibt sich dieselbe ungefähr 2 km östlich Felden, also ungefähr an der (S. 2) erwähnten Einengungsstelle des Beckens süd-östlich der Herreninsel. Auf Tafel I Fig. 2 ist die Schwingung dadurch veranschaulicht, dass die Erhebung über das Gleichgewichtsniveau mit + (Pluszeichen) und die Senkung unter dasselbe mit — (Minuszeichen) angedeutet ist. Zugleich soll die Dichte dieser Zeichen die ungefähre Grösse der Ausweichung versinnbildlichen.[1])

Der Knoten ist darnach gegen die geometrische Mittellinie der Seeoberfläche stark nach Westen verschoben, da der Inselsee eine bedeutend geringere Tiefe hat. Das Amplitudenverhältnis 100 : 17, angenähert 6 : 1, erklärt sich jetzt aus der Ungleichheit der schwingenden Flächen. Die westliche Fläche misst nämlich rund 13 km² und die östliche ungefähr 64 km² (wie durch Abteilung in kleinste Quadrate in Ermangelung eines Planimeters erhalten wurde), so dass das Amplitudenverhältnis angenähert indirekt proportional den schwingenden Flächenteilen ist. In der Grösse dieses Verhältnisses übertrifft der Chiemsee noch den Léman, der in Genf, dem Westende, die 4fache Amplitude von Chillon, dem Ostende, aufweist.[1])

[1]) Bei der unregelmässigen Gestalt und Schwingungsform hätte nur eine Einzeichnung der Knotenlinien, wie es sonst geschehen ist, kein deutliches Bild gegeben.

[2]) Forel, Le Léman II S. 139.

Amplituden benachbarter Stationen. Die Amplituden benachbarter Stationen einer Schwingungshälfte sind ungefähr proportional dem Abstande von der Knotenlinie. Es genügt aber schon, eine Abnahme der Amplituden gegen die Knotenlinie festgestellt zu haben. Die Seeoberfläche nämlich, welche bei konstanter Tiefe und regelmässigen Ufern schon eine durch die Uferreibung deformierte Fläche in den einzelnen Momenten der Ausschwingung darstellen wird, muss bei der so unregelmässigen Beckenform eine Fläche bilden, welche nicht vorzustellen, noch viel weniger analytisch zu entwickeln ist.

Eine Unregelmässigkeit in der Grösse der Amplitude hat Feldwies zu verzeichnen (- - 20), obwohl es dem Knoten sehr nahe liegt. Schon bei den Beobachtungen (S. 36) wurde darauf aufmerksam gemacht, dass die 43 Min.-Seiche nur in 1 bis 2 unregelmässig geformten Kurvenzügen sich zeigt, obwohl die Schwingung in Schafwaschen mit bedeutender Amplitude noch anhält. Eine Erklärung hiefür werden wir später in der Vorlagerung des Achenzipfels finden.

Auch in Mühlen scheint eine Unregelmässigkeit aufzutreten. Der Beobachtungsort liegt dem Eingang in die Aiterbacherbucht ebenso nahe wie Stock und zeigt doch keine Ausweichung. Die Kommunikation des Mühlener Winkels mit dem östlichen und westlichen Schwingungsbauche bei Gstadt resp. Urfahren erklärt vielleicht diese Unregelmässigkeit. Eine Niveaudifferenz gegenüber der einen oder anderen Schwingungshälfte kann sich dort leicht ausgleichen.

Einfluss der seichten Ufer auf die Phasen und Amplituden. Da das transportable Limnimeter an lauter seichten Uferstellen stand (mit Ausnahme von Chieming), so musste die Frage aufgeworfen werden, ob nicht seichte Uferstellen einen Einfluss auf die Amplituden und Phasen ausübten.[1]) Der genaue Vergleich der einzelnen Limnogramme, wie er durch die auf 1 Minute genaue Zeitmarke ermöglicht war, gab keine messbare Phasenänderung. Dann liessen die Beobachtungen mit dem Zeigerlimnimeter, welche in der Nähe der selbstregistrierenden Apparate teils an tieferen, teils an seichteren Stellen stattfanden und ein Ablesen der Amplitude bis auf $^1/_5$ mm erlaubten, auch keine messbare Änderung der Amplitude erkennen. Nur bei gleichzeitiger Stauwirkung des Windes war eine merkliche Verkleinerung der Amplitude zu beobachten.

2. Die 29 Min.-Seiche.

In folgender Tabelle seien wieder die Stationen mit den entsprechenden Phasen und Amplituden zusammengestellt.

[1]) P. Du Bois glaubt, es müsse eine leichte Verspätung stattfinden vgl. Essai théorique sur les seiches. Arch. des sciences phys. et nat. III t 25 p. 644.

Zusammenstellung der Stationen mit den entsprechenden Amplituden und Phasen bei der 29 Min.-Seiche.

Station	Ampl. und Phase		Station
Schafwaschen	100 +	+ 100	Schafwaschen
	1. Knoten.		
Stock (38)	90 —		
Felden (24)	68 —	— 58	(18) Mühlen
Feldwies (20)	0 —	— 10	(2) Gstadt[1])
	2. Knoten.		
		+ 29	(40) Seebruck
		+ 34	(7) Arlaching
		+ 39	(12) Chieming
Hagenau (23)	42 +	+ 42	(23) Hagenau.

Die 29 Min.-Seiche ist darnach die binodale Schwingung des Chiemsees mit der Schwingungsachse „Schafwaschen-Süd- und Nordufer der Herreninsel-Chieming (Hagenau)" und den Schwingungsbäuchen in Schafwaschen, in Stock und in Chieming, welche ihrerseits getrennt sind durch die westliche Knotenlinie „Eingang in den Aiterbacher Winkel" und die östliche in der Richtung „Gstadt-Feldwies."

Die Wassermasse des Weitsees bewegt sich also bei der 29 Min.-Seiche vom Ostufer auf zwei Wegen gegen das Westufer des Inselsees, ein Teil südlich, ein Teil nördlich der Herreninsel und staut sich bei Stock, wo die sich entgegenkommenden Teilbewegungen sich treffen, zu dem mittleren Schwingungsbauche an, um nach einer halben Schwingungsdauer ungefähr $14^1/_2$ Min.) auf denselben Wegen zurückzuströmen und in Stock eine Vertiefung, am Ostufer aber den östlichen Schwingungsbauch zu bilden. Mit der Wassermasse des Weitsees bewegt sich gleichzeitig die des Aiterbachwinkels gegen Stock und geht bei Fallen in Stock nach $14^1/_2$ Min. wieder zurück, um den westlichen Schwingungsbauch in Schafwaschen zu bilden. Die Schwingung der Wassermasse ist in gleicher Weise wie bei der 43 Min.-Seiche auf Tafel I Fig. 3 dargestellt.

Da Seebruck stets eine bedeutend kleinere Amplitude hat als Hagenau resp. Chieming, so kann diese Station, das erwiesene Ende der uninodalen Schwingungsachse, als das Ende der binodalen nicht in Betracht kommen. Schon Arlaching weist eine grössere Amplitude auf als Seebruck (welches Ergebnis seinerzeit sehr überraschend kam). Und die Möglichkeit, dass in Hagenau, Chieming und Arlaching eine ähnliche, durch die Beckenform bedingte Steigerung der Amplitude stattfinde, wie in Feldwies bei der 43 Min.-Seiche vgl. S. 49[1], kann einmal deshalb nicht angenommen werden, weil die 29 Min.-Seiche an genannten Stationen regelmässig und immer gleichzeitig mit Schafwaschen

[1]) Die Angaben bei Gstadt — 10 (2) sind den Voruntersuchungen entnommen.

auftritt, was bei der 43 Min.-Seiche in Feldwies nicht der Fall war. Dann wäre nicht einzusehen, warum die 43 Min.-Seiche bei ihrer erwiesenen Schwingungsrichtung gegen Seebruck nicht ein gleiches Anstauen des Wassers an den Punkten des Ostufers hervorbrächte. An dieser östlichen Richtung der Schwingungsachse der 29 Min.-Seiches scheint wohl nur die Beteiligung der Wassermasse nördlich der Herreninsel an der besprochenen Bewegung schuld zu sein.

Warum Chieming als Ostende bezeichnet ist, hat darin seinen Grund, dass die Amplituden in Chieming (39) und Hagenau (42) fast gleich sind, und die Beckenformation mehr auf die Chieminger Ausbuchtung hinweist.

Ausser dieser Eigentümlichkeit, dass die Schwingungsrichtung der binodalen Seiche nicht mit der uninodalen zusammenfällt, finden wir beim Chiemsee noch die weitere, dass der mittlere Schwingungsbauch der binodalen Seiche nicht auf den Knoten der uninodalen Seiche fällt, der selbst schon stark nach Westen verschoben ist, sondern so nahe dem Westende liegt, dass die westliche Schwingungshälfte, Schafwaschen-Stock, eine Achsenlänge von 4 km, die östliche, Stock-Chieming, eine solche von fast 12 km einnimmt. Wir dürfen daher hier wohl die Vermutung aussprechen, dass die 29 Min.-Seiche die uninodale Schwingung des Beckens Chieming-Stock ist, welche sich dem Aiterbachwinkel infolge der überwiegenden Energie seiner Wassermasse nur mitteilt, worauf wir später zurückkommen werden.

3. Die 18 Min.-Seiche.

Die gleiche Zusammenstellung, wie oben, sei auch für diese Schwingung gemacht.

Zusammenstellung der Stationen mit den entsprechenden Amplituden und Phasen bei der 18 Min.-Seiche.

Station	Ampl.	und Phase		Station
Hagenau (16)	100	+	+ 100	(16) Hagenau
			+ 56	(15) Feldwies
Chieming	?		+ 60	(23) Felden
		1. Knoten.		
Gstadt (10)	11	—		
Arlaching (12)	28	—		
Seebruck (40)	33	—		
Mühlen (34)	74	—	— 66	(3) Kailbach
		2. Knoten.		
Schafwaschen (8)	20	+	+ 20	(8) Schafw.

Die 18 Min.-Seiche ist also nach den Beobachtungen eine uninodale Querseiche mit der Hauptschwingungsrichtung Hagenau-Mühlen (und den gleichzeitigen Richtungen Hagenau-Seebruck, Felden-Kailbach) und der Knotenlinie, welche von Stock gegen Osten, unterbrochen durch die Herreninsel, südlich der Fraueninsel vorbei, nach dem Ufervorsprung bei Stöttham verläuft.

Die Wassermassen bewegen sich bei dieser Seiche von Hagenau und Feldwies gegen Mühlen (teils auch von Hagenau gegen Seebruck) und gleichzeitig von Felden gegen Kailbach und Mühlen und nach der halben Schwingungsdauer wieder zurück. Die Fig. 4 auf Tafel I soll die Schwingungsform wieder veranschaulichen.

Merkwürdig dabei ist, dass Schafwaschen gleiche Phase mit Felden, also entgegengesetzte zu dem nahen Kailbach hat, so dass ein weiterer Knoten an den Eingang in den Aiterbacher Winkel zu liegen kommt. Die Schwingung wurde oben als uninodale Querseiche bezeichnet, weil der Aiterbacher Winkel an dieser Schwingung gewöhnlich nicht beteiligt ist, auch wenn diese an den anderen Stationen mit grösserer Amplitude auftritt. Nur zeitweise schwingt die Bucht in gleichem Takte mit und es kann dann die Schwingung in längeren Reihen in Schafwascheu gefunden werden.

4. Die 16 Min.-Seiche.

Zunächst seien wieder die Stationen mit den entsprechenden Phasen und Amplituden geordnet, wobei Seebruck als die eigentliche Vergleichsstation die Amplitude = 100 habe.

Zusammenstellung der Stationen mit den entsprechenden Amplituden und Phasen bei der 16 Min.-Seiche.

Station	Ampl. und Phase		Station
Seebruck	100 +	+ 100	Seebruck
		+ 57	(25) Arlaching
	1. Knoten.		
Gstadt (37)	38 —	— 44	(34) Chieming
Mühlen (63)	120 —	— 157	(14) Hagenau
		— 93	(40) Feldwies
	2. Knoten.		
		+ 67	(38) Felden
		+ 20	(4) Stock
	3. Knoten.		
Mühlen (63)	120 —	— 120	(3) Kailbach

Die 16 Min.-Seiche ist darnach die trinodale Schwingung Seebruck-Irschner Winkel-Kailbach (Mühlen) mit den Schwingungsbäuchen in Seebruck, in der Richtung Mühlen-Achenzipfel, im Irschner Winkel und in Kailbach (Mühlen), welche getrennt sind durch den 1. Knoten etwas nördlich der Mitte Arlaching-Chieming, den 2. zwischen Feldwies und Felden und den 3. etwas nördlich Stock. Vgl. die Darstellung der Schwingungsform auf Tafel I Fig. 5.

Die 2. und 3. Knotenlinie könnte man als eine Knotenlinie auffassen, welche durch die Herreninsel nur unterbrochen ist, so dass die 16 Min.-Seiche die binodale Schwingung Seebruck-Südwestecke des Sees wäre. Durch Vorlagerung der Herreninsel

wird die Seiche aber wirklich trinodal, da der Schwingungsbauch in Kailbach nur dadurch erklärt werden kann, dass die Wassermasse von Stock gegen Kailbach (und Mühlen) strömt, so dass die 16 Min.-Seiche auch die uninodale Seiche Irschner Bucht-Kailbach ist, und im ganzen also trinodal wird.

Die Häufigkeit des Auftretens unserer Schwingung lässt sich jetzt vielleicht durch das Zusammenfallen der 1. Knotenlinie mit dem Eingang in die nord-östliche Rinne des Weitseebeckens (vgl. S. 2) und der 2. mit dem Knoten der 43 Min.-Seiche, der Einengung süd-östlich der Herreninsel, erklären.

Da diese Seiche an allen Stationen ausser Schafwascheu am öftesten zu messen ist, dürfen die Amplitudenverhältnisse als ziemlich genau gelten. In Gstadt finden wir etwas kleinere Amplitude als in Chieming (38 gegen 44), obwohl Gstadt näher dem mittleren Schwingungsbauche zu liegen scheint. Die Amplitude in Stock ist nicht genau, besonders, weil gleichzeitig in Seebruck eine der erwähnten Störungen auftrat; doch ist die Schätzung (auf $^1/_4$ der Seebrucker Amplitude) angenähert richtig zu nehmen. Dass Schafwaschen diese Seiche überhaupt nicht zeigt (Amplitude — 0), erklärt sich daraus, dass die 3. Knotenlinie ungefähr am Eingange in die Schafwaschener Bucht sich befindet, und die Schwingungsrichtung der Wassermasse quer zur Richtung des Einganges ist.

5. Die 11 Min.-Seiche.

Die Zusammenstellung der Beobachtungen ergibt folgendes:

Zusammenstellung der Stationen mit den entsprechenden Amplituden und Phasen für die 11 Min.-Seiche.

Station	Ampl. und Phase		Station
Seebruck	100 +	+ 100	Seebruck
		+ 34	(25) Arlaching
	1. Knoten.		
Gstadt (6)	10 —		
	2. Knoten.		
		+ 25	(15) Chieming
		+ 94	(11) Hagenau.

Die 11 Min.-Seiche ist darnach die binodale Schwingung des Weitsees mit der Schwingungsachse Seebruck-Grabenstätter Winkel, mit den Schwingungsbäuchen in Seebruck, in der Richtung Gstadt-Stöttham und im Grabenstätter Winkel und den dazwischen liegenden Knoten Gottetshausen-Arlaching und Achenzipfel-Chieming.

Die Schwingungsrichtung folgt also der süd-östlichen Ausbuchtung der Isobathen des Weitsees und ist im Süd-osten stark abgebogen. Daraus erklärt sich auch, dass Chieming gleiche Phase mit Seebruck, Gstadt aber entgegengesetzte Phase aufweist. Ferner ist die geringe Amplitude in Gstadt verständlich, da durch

dieses Abbiegen der Schwingungsachse der mittlere Schwingungsbauch eine bedeutend grössere Fläche einnimmt, als der nördliche und südliche Bauch zusammen.

Sehr merkwürdig ist die Tatsache, dass diese Schwingung einmal in Schafwaschen erscheint, nämlich am 7. August 3^{30}. Der nachträgliche Vergleich der Limnogramme gibt übereinstimmenden Gang und zwar gleiche Phase und $^1/_5$ der Seebrucker Amplitude, an welcher Station diese Seiche gerade rein auftritt mit einer maximalen Amplitude von 123 mm.[1]) Trotz Vergleich der Limnogramme konnte die Seiche in Schafwaschen nicht mehr erkannt werden. Die Seiche muss also damals wenigstens als 4 knotige Seiche Seebruck-Schafwaschen aufgetreten sein.

6. Die $9^1/_2$ Min.-Seiche.

Die $9^1/_2$ Min.-Seiche konnte nur in Schafwaschen und Feldwies mit gleicher Phase und Amplitude nachgewiesen werden und kann sonach nur als binodale Schwingung Seebruck-Feldwies erklärt werden.

7. Die 8 Min.-Seiche.

Die Zusammenstellung der Stationen ergibt folgendes:

Zusammenstellung der Stationen mit den entsprechenden Amplituden und Phasen bei der 8 Min.-Seiche.

Station	Ampl. und Phase		Station
Seebruck	100 +	+ 100	Seebruck
		0	(10) Arlaching
	1. Knoten.		
	(Beobachtungen für diesen Schwingungsbauch fehlen.)		
	2. Knoten.		
		+ 150	(9) Hagenau
		+ 200	(50) Feldwies
	3. Knoten.		
Mühlen	100 —		
	(Beobachtungen zwischen dem 4. und 6. Knoten fehlen.)		
	6. Knoten.		
Schafwaschen	25 +	+ 25	Schafwaschen

Die 8 Min.-Seiche ist sonach (zeitweise) die 6knotige Seiche des Beckens Seebruck-Schafwaschen.

Da nämlich Seebruck und Schafwaschen gleiche Phase haben, so muss eine gerade Anzahl Knoten dazwischen liegen. Nun liegen zwischen Seebruck und Mühlen drei und so müssen zwischen Mühlen und Schafwaschen nochmals drei Knotenlinien fallen, von denen die letzte in den Aiterbacher Winkel fällt (ungefähr in dessen Mitte).

Es zeigt sich aber die 8 Min.-Seiche häufig in Seebruck und

[1]) Vgl. das schon mitgeteilte Kurvenbeispiel Tafel II Fig. 11.

Feldwies, ohne in Schafwaschen aufzutreten und einigemale in Schafwaschen, ohne in Seebruck aufzutreten. Wir haben deshalb bei der 8 Min.-Seiche die gleiche Erscheinung wie bei der 11 Min.-Seiche, dass sie nur zeitweise als 6 knotige Schwingung den See beherrscht. Dann ersieht man aus dem alleinigen Auftreten in Schafwaschen, dass sie zugleich die Eigenschwingung des Aiterbacher Winkels ist, was noch durch die Aufnahmen mit dem Zeigerlimnimeter bestätigt wird, wo bei 4 facher Vergrösserung der Amplituden diese Schwingung fast jedesmal leicht angedeutet ist, ohne bei der gleichen Vergrösserung in Seebruck sich zu zeigen.

8. Die 7 Min.-Seiche.

Zusammenstellung der Stationen mit den entsprechenden Amplituden und Phasen bei der 7 Min.-Seiche.

Station	Ampl. und Phase		Station
Seebruck	100 +	+ 100	Seebruck
		— 47	(25) Arlaching
		+ 20	(8) Chieming
Mühlen (9)	100 —	— ?	(15) Hagenau
		— 25	(10) Feldwies.

Die 7 Min.-Seiche ist also die trinodale Seiche Seebruck-Grabenstätter Winkel, welche wieder nur zeitweise an den Stationen Feldwies und Mühlen auftritt, obwohl sie in Seebruck öfters mit merklicher Amplitude zu finden ist. An den westlichen Stationen war sie nie zu erkennen.

9. Die 5 Min.-Seiche.

Die 5 Min.-Seiche hat in Arlaching und Seebruck gleiche Phase und an ersterer Station doppelte Amplitude, weshalb sie wohl nur als Querseiche des nördlichen Weitseebeckens angesehen werden kann. Weiter kann die Schwingung nicht verfolgt werden, da die Phase im Vergleich mit Chieming nicht festzustellen war und am Westufer nördlich Gstadt keine Beobabtungen vorliegen.

10. Die übrigen beobachteten Seiches.

a.) Die $37^1/_2$ Min.-Seiche ist nur im Schafwaschener Limnogramme gefunden worden, weshalb über die Schwingungsrichtung und Form vorerst nichts weiteres angegeben werden kann.

b.) Die $12^1/_2$ Min.-Seiche war nur an den Stationen Feldwies, Felden, Mühlen und Kailbach aufgetreten, wobei sie nur in Kailbach und Felden mit gleicher Phase und in Kailbach mit 3 facher Amplitude beobachtet wurde. Es kann hier daher nur die Vermutung ausgesprochen werden, dass sie für eine Partialschwingung Feldwies-Mühlen-Kailbach und Feldwies-Felden-Kailbach und zwar für eine binodale Schwingung längs beider Richtungen gehalten werden kann. Auch der Umstand, dass sie stets gleichzeitig mit

der 11 Min.-Seiche das Weitseebecken beherrschte, weist auf eine gleiche Richtung der Schwingungsachse (S.E.—N.W.) hin.

c.) **Die 4 Min.-Seiche** kann mit angenähert gleicher Dauer in Seebruck, in Feldwies und in Felden gemessen werden. Der Vergleich mit Seebruck lässt aber die Schwingung nicht gleichzeitig mit den letzteren Stationen erkennen und noch weniger die Phase und das Amplitudenverhältnis bestimmen. Es lässt sich so nur vermuten, dass sie Partialschwingung einzelner Becken ist, oder die 1. Oberschwingung zur 8 Min.-Seiche, welche nur zeitweise die einzelnen Seeteile gleichzeitig beherrscht.

d.) **Die 3 Min.-Seiche** ist öfters gleichzeitig in Seebruck, Gstadt, Mühlen und Hagenau zu finden, wobei Seebruck und Gstadt einmal gleiche Phase aufweisen, während sonst die Zeitmarken nicht so genau waren, um hierin einen Vergleich zuzulassen. Auch diese Seiche lässt die gleichen Amplitudensteigerungen an engen, seichten Seestellen erkennen, wie in Mühlen, wo die 4fache Amplitude von Seebruck gemessen wurde, und in Hagenau, wo die 5fache Ausweichung gefunden wurde. Wir rechnen diese Schwingung deshalb auch zu den Seiches, obwohl sie der Dauer nach zu den von Forel wohl unterschiedenen Vibrationen[1]) gehören würde.

II. Die mehrknotigen Seiches in unregelmässigen Seebecken.

Am Chiemsee haben die Beobachtungsergebnisse für die 18 Min.-Seiche, für die von 11 Min., von 8 Min. und 7 Min. ergeben, dass diese Schwingungen als uninodale, resp. trinodale Schwingungen partial den See beherrschen, dass sie aber zeitweise ihren Schwingungszustand auch anderen Seeteilen mitteilen und so als 2 resp. 4 resp. 6 knotige Schwingungen den ganzen See einnehmen. Letzteres ist der Fall, wenn sie mit bedeutenderer Amplitude und wahrscheinlich noch anderen günstigen Umständen auftreten. Solche Umstände sind vielleicht das Zusammenfallen der einen oder anderen Einengung des Beckens mit einem Knoten, das ja infolge des wechselnden Wasserstandes zeitlich nicht immer der Fall ist, dann das ungefähre Übereinstimmen der Dauer der mehrknotigen Schwingung mit der Eigenschwingung eines anderen Seeteiles.

Dieses Verhalten der mehrknotigen Schwingungen des Chiemsees im Gegensatz zu dem der plurinodalen Seiches in regelmässigen Seebecken (wo sie immer das ganze Becken einnehmen), lässt vielleicht eine Verallgemeinerung für die schon erforschten Seen, speziell den Léman zu. So findet Forel am Léman eine 7 Min.-Seiche häufig und regelmässig an den Stationen Rolle, Fleur d'eau bei Rolle, in Thonon und Anthy und rechnet sie zu den „types normaux des seiches" dieser Stationen. Eine Seiche

[1]) Forel, Le Léman II S. 213 u. ff.

von 7 Min. zeigt sich aber auch in Genf und in Morges, wenn auch selten, so doch hinreichend deutlich.[1]) Diese Eigenschwingung des Beckens Rolle-Thonon teilt sich, wie es scheint, unter günstigen Umständen der ganzen Wassermasse mit und ist dann als mehrknotige Schwingung des Léman zu betrachten. Forel, der derartige, zeitweise an einer Station auftretende Seiches „seiches anormales" nennt, stellt drei mögliche Hypothesen auf[2]), indem er annimmt, einmal dass sie Querseiches sein können, dann dass sie eine Schwingungsrichtung schief zur Hauptachse haben können und endlich, dass sie plurinodale Seiches längs der Hauptachse sein können. In Ermangelung eines vergleichbaren Beobachtungsmateriales an den verschiedenen Stationen konnte Forel die Frage nicht entscheiden.

VI. Theorie und Beobachtung.

A. Die Periodendauer der Hauptschwingung des Chiemsees nach der P. Du Bois'schen Formel.

1. Die P. Du Bois'sche Formel.

Die Bewegung der Wassermasse eines Sees bei den Seiches lässt sich nach P. Du Bois[3]) als stehende Wellenbewegung betrachten. Stehende Wellen entstehen durch Interferenz zweier sich in entgegengesetzter Richtung fortpflanzender, gleicher Wellensysteme. Die uninodale Seiche eines Sees kann darnach als Interferenzerscheinung einer Welle von der Länge gleich der doppelten Seeachse mit der am Ende der letzteren reflektierten gleichen Welle angesehen werden.

Die Schwingungsdauer (T) einer Seiche ist daher die Zeit, welche eine Welle braucht, um sich um eine Strecke gleich der doppelten Seeachse (2 l) fortzupflanzen. Für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit (v) einer Welle in einem Becken mit der konstanten Tiefe h gilt nun die bekannte Gleichung: $v = \sqrt{g.h}$ . . . . . I., wobei g die Erdbeschleunigung des betreffenden Ortes bedeutet. Doch gilt die Formel nur für den Fall, wo die Amplitude gegenüber der Wassertiefe vernachlässigt werden kann.

[1]) Forel, Le Léman II S. 108.
[2]) Ebenda „ S. 143.
[3]) Archives des sciences phys. et nat. III. t. 25. S. 638.

In einem unregelmässigen Becken ändert sich aber die Tiefe, also auch die Fortpfanzungsgeschwindigkeit mit dem Abstande (x) von einem Ende, sodass für ein Becken mit wechselnder Tiefe die Gleichung lautet:

$$\frac{dx}{dt} = V_{g.h} \quad \ldots\ldots\ldots \quad Ia$$

und hieraus ergibt sich durch Integration

$$t = \frac{1}{\sqrt{g}} \int_0^l \frac{dx}{\sqrt{h}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad II$$

und für die doppelte Seelänge:

$$T = \frac{2}{\sqrt{g}} \int_0^l \frac{dx}{\sqrt{h}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad IIa$$

die Schwingungsdauer der Hauptschwingung eines unregelmässigen Seebeckens von der Länge l.

Die Integration kann stufenweise ausgeführt werden, indem man das Beckenprofil längs der tiefsten Rinne als Polygon mit den geloteten Tiefenpunkten als Eckpunkten betrachtet. Der Abstand der geloteten Tiefenpunkte vom einen Seeende sei mit x_n und die dazu gehörige Tiefe mit h_n bezeichnet. Das Teilintegral für die Profilstrecke zwischen den Punkten x_{n+1} und x_n mit den entsprechenden Tiefen h_{n+1} und h_n ergibt sich in der Form:

$$t_n^{n+1} = \frac{4}{\sqrt{g}} \frac{x_{n+1} - x_n}{\sqrt{h_{n+1}} + \sqrt{h_n}} \quad \ldots \quad III$$

und durch Summation über den ganzen Längsschnitt:

$$T = \frac{4}{\sqrt{g}} \sum_{n=0}^{n=n} \frac{x_{n+1} - x_n}{\sqrt{h_{n+1}} + \sqrt{h_n}} \quad \ldots \quad IV$$

die von P. Du Bois entwickelte[1]) und nach ihm benannte Schwingungsdauer der uninodalen Seiche eines Seebeckens.[2])

Die Lage des Knotens lässt sich aus dieser Formel sofort angeben. Der Knoten ist diejenige Stelle, an welcher die sich treffenden reflektierten Wellen sich aufheben, bis zu welcher also die Summation die halbe Schwingungsdauer $(= \frac{T}{2})$ ergibt.

2. Berechnung der Dauer der Hauptschwingung.

Profil und Tiefenpunkte.[3]) Als Anfangspunkt, von welchem aus die Längen x_n bei der Berechnung der Periodendauer der Hauptschwingung gemessen wurden, ist die nord-westliche Ausbuchtung im Aiterbachwinkel gewählt, wohin auch die tiefste Rinne des dortigen Beckens weist. Da die geringe Tiefe an diesem Ende die Dauer sehr beeinflusst, so wurde die Strecke zwischen dem von E. Bayberger geloteten Tiefenpunkte 9 m und genanntem Ende vom Verfasser ausgelotet und ein fast gleich-

[1]) P. Du Bois: Essai théorique des seiches. Arch. Gen. III t 25 S. 629 ff.
[2]) Vgl. auch E. v. Cholnoky, Limnologie des Plattensees. III Wien 1897 S. 82.
[3]) Vgl. Kartenskizze Tafel I Fig. 1.

mässiges Ansteigen des Beckens gefunden. Bis zum 7. Tiefenpunkte wurden immer die von E. Bayberger geloteten, tiefsten Stellen des Beckens gewählt, welcher Punkt mit 38 m Tiefe (wie 250 m südlich gelotet wurde) angenommen wurde, um süd-westlich der Herreninsel längs der tiefsten Rinne zu bleiben. Als nächster Teilpunkt wurde der westlichste Punkt der 40 Meter Tiefen-Kurve genommen. Von der Mitte des Weitsees aus wurde die schmale nord-östliche und als zweiter möglicher Weg die nord-westliche Rinne benützt. Als nord-östliches Ende wurde die Seestelle 200 m östlich des Abflusses betrachtet, als nord-westliches der nördlichste Punkt des Sees.

Berechnete Dauer und Übereinstimmung derselben mit der beobachteten. In folgender Tabelle seien die einzelnen Teilsummen, wie sie für die Dauer bis zu den gewählten Teilpunkten erhalten wurden, mitgeteilt und zwar in der einen Rubrik von Aiterbach aus und in der anderen von Seebruck aus gerechnet.

Berechnung der Periodendauer der Hauptschwingung des Chiemsees längs der Achse Schafwaschen-Südufer-Seebruck.

Entfernung der Punkte von Aiterbach aus x_n (in „km“)	Tiefe h_n (in „m“)	Teilsummen von Aiterbach aus in „Min.“	Teilsummen von Seebruck aus in „Min.“
$x_0 = 0$	0	0	42,220
$x_1 = 0{,}75$	9	5,323	36,897
$x_2 = 1{,}25$	10	7,383	34,837
$x_3 = 1{,}875$	15	8,942	33,258
$x_4 = 2{,}87$	18	11,565	30,655
$x_5 = 3{,}62$	20	13,397	28,823
$x_6 = 4{,}825$	43	15,713	26,507
$x_7 = 5{,}825$	38	17,388	24,833
$x_8 = 8{,}325$	40	21,648	20,572
$x_9 = 9{,}425$	56	23,345	18,875
$x_{10} = 11{,}925$	62	26,612	15,408
$x_{11} = 14{,}525$	73	30,183	12,037
$x_{12} = 16{,}125$	66	32,227	9,993
$x_{13} = 16{,}325$	66	32,483	9,737
$x_{14} = 17{,}825$	36	34,746	7,477
$x_{15} = 18{,}725$	10	36,835	5,385
$x_{16} = 19{,}525$	0	42,220	0

Die Schwingungsdauer der Hauptschwingung des Chiemsees berechnet sich sonach nach P. Du Bois zu 42,22 Min.

Die berechnete Dauer stimmt mit der beobachteten (bei Mittelwasser = 0,50 m H. P.) von 42,83 Min. sehr befriedigend überein. Das Resultat kann als eine neue Bestätigung der Theorie gelten. Umgekehrt können wir darin eine Bestätigung der von E. Bayberger vor 15 Jahren angestellten Tiefenlotungen erblicken.

Die so befriedigende Übereinstimmung hat wohl nur darin seinen Grund, dass die tiefste Rinne, nachdem die Enden der Achse bekannt sind, sehr deutlich und eindeutig vorliegt, was nach Forel beim Genfersee nicht der Fall ist.[1])

Schwingungsachse. Die nord-östliche Rinne gegen Seebruck wurde gewählt, da bei der fast kreisförmigen Bewegung der Wassermasse eine centrifugale Kraft mit östlicher Richtung auftreten wird. Ausserdem lieferte die Berechnung nach der nordwestlichen Rinne fast dieselbe Dauer, nämlich 42,54 Min. (also nur um 0,32 Min. mehr) und der dem beobachteten noch näher kommende Wert kann nicht ins Gewicht fallen, da der Unterschied von 0,32 Min. unter die mögliche Genauigkeit der Berechnung fällt. Wie im Osten des Sees, so wird auch im Westen nur die Centrifugalkraft der bewegten Wassermasse die Ursache sein, warum nicht der viel tiefere Kailbachwinkel mit seinem breiten Eingange das Westende der Achse bildet, sondern der seichte Aiterbachwinkel mit seinem engen Eingange.

Schwingungsknoten. Die halbe Schwingungsdauer gibt nach P. Du Bois die Lage der Knotenlinie. Die Teilsumme von 21,110 Min. ist etwas vor dem 8. Teilpunkt erreicht. Der Knoten fällt darnach fast genau mit der Einengung des Beckens süd-östlich der Herreninsel zusammen. Auch hierin bestätigt die Beobachtung die P. Du Bois'sche Theorie. Die Entfernung der Knotenlinie vom Ostende ist also rund 11,5 km, gegen die vom Westende von rund 8 km, wofür der Grund nur in der geringeren Tiefe des Inselsees zu suchen ist, wie die Theorie im einzelnen näher erkennen lässt.

3. Die Veränderung der Periodendauer und die Theorie.

Die Beobachtung hat nun eine eigentümliche Änderung der Periodendauer der 43 Min.-Seiche mit der Zeit ergeben (S. 21). Um dieselbe zu diskutieren seien die erhaltenen Mittelwerte nach abnehmendem Pegelstande geordnet und zugleich die Differenzen von dem bei Mittelwasserstand beobachteten Werte angefügt.

Pegelstand in „cm“	Dauer in „Min.“	Differenz vom Mittel	Zeit
103—86	44,05	+1,22	6. IV.— 2.V.
109—86	43,75	+0,92	24. V.— 4.VII.
86—68	43,34	+0,51	3. V.—22.V.
67—51	42,83	0	7.VII.—25.VIII.
49—30	43,13	+0,31	1. IX.— 6.XI.
29—22	42,68	—0,15	9. XI.—19.XI.
32—25	42,10	—0,73	27.XII.—11.I.[03]
22—20	41,05	—1,78	19. XI.— 3.XII.
19	40,18	—2,65	26.I. —29.I.

[1]) Forel, Le Léman II S. 124.

Eine besondere Eigentümlichkeit weist also hier der Chiemsee auf, nämlich, dass die Dauer der Hauptschwingung mit dem Pegel zu- oder abnimmt, während sämtliche bis jetzt erforschte Seen das Gegenteil ergaben, d. h. eine Zunahme der Dauer bei Abnahme des Wasserstandes und umgekehrt. Dieses Verhalten des Chiemsees widerspricht auch, wie sofort zu ersehen ist, der Theorie, da ja die P. Du Bois'sche Formel die Tiefe im Nenner enthält.

Die Erklärung hiefür liegt wohl nur darin, dass mit dem Wasserstande nicht nur **die Tiefe**, sondern auch **die Länge der Achse** im allgemeinen sich ändert und das um so mehr, je flacher das Ufer verläuft. Und wie wir in der Einleitung gesehen haben (S. 3) kommt am Chiemsee infolge seines flachen Strandes auf eine Wasserstandsänderung von 1,00 m, eine Längenänderung von 142 m, so dass auf 20 cm Pegelstandsänderung rund 30 m Längenänderung der Achse treffen, wenn wir die Neigung des Ufers als schiefe Ebene nehmen. Bei dem im Beobachtungsjahre höchsten Wasserstande von 109 cm konnte der Verfasser persönlich im Aiterbachwinkel stellenweise eine überschwemmte Uferbreite von 100 m messen. Dagegen kann das Ufer in Seebruck, wenn nicht als Steilufer, so doch (bei einer Längenänderung der Achse von kaum 1 m) als unverändert betrachtet werden, wie persönliche Augenscheinnahme ergab.

Wären die Ufer an beiden Enden der Achse Steilufer, so müsste sich die Dauer, wie durchgeführte Rechnung ergab, bei einer gesamten Pegelstandsabnahme von 1,00 m um 1,60 Min. zu- oder abnehmen. Berücksichtigen wir aber auch die Längenänderung, so ergibt die Berechnung, welche für die Pegelstände von 110 cm, 90 cm, 70 cm, 50 cm und 30 cm durchgeführt wurde, folgendes Resultat.

Pegel	Aenderung bei gleicher Achsenlänge	Aenderung mit der Länge	Berechnete Dauer	berechnete Änderung	beobachtete Änderung
110	—1,60	+ 2,48	43,10	+0,88	+1,22
90	—1,39	+2,01	42,84	+0,62	+0,92
70	—0,93	+1,42	42,71	+0,49	+0,51
50	—	—	42,22	—	—
30	+0,27	—0,15	42,34	+0,12	+0,31

Die 2te Rubrik, welche die Änderung der Dauer bei unveränderlicher Achse enthält, lässt ersehen, dass die Dauer nach der Theorie bis 1,60 Min. abnehmen, bei Niedrigwasser (von 30 m Pegel) aber zunehmen müsste. Die Zahlen der 3. Rubrik enthalten die Änderungen der Dauer, welche die Längenänderungen der Achse bewirken, und überwiegen merklich über die der zweiten Rubrik. Da die Tiefe in dem verlängerten Achsenstücke so gering ist, sind die Änderungen der Dauer so bedeutend. Die Veränderungen der Periodendauer stehen also auch mit der Theorie im Einklange.

Eine noch genauere Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Berechnung ist hierin schon deshalb nicht möglich, weil das genaue Ende der Achse nicht bekannt ist und weil der Uferstreifen bald rascher bald langsamer abfallen kann; ausserdem gilt die P. Du Bois'sche Formel nicht mehr in ihrer Strenge bei diesen Uferstreifen, da die Amplitude nicht verschwindend ist gegen die Tiefe. Einige auffällige Abweichungen mögen im folgenden noch besprochen werden.

4. Die abweichende Periodendauer zu bestimmten Zeiten.

In der Zeit vom 4. April bis 2. Mai wurde als Mittel 44,05 Min. erhalten, während zwischen dem 24. Mai und 4. Juni die mittlere Dauer nur 43,75 Min. erreichte, obwohl der Wasserstand noch 6 cm höher war. Dieser Unterschied von 0,30 Min., welcher kaum auf Beobachtungsfehlern beruhen kann, erklärt sich vielleicht durch eine Verkürzung der Achse, da zwischen dem 24. Mai und 4. Juli die überschwemmten Streuwiesen bereits mit über 20 cm hohem Grase und Schilfe bedeckt waren, so dass sich infolge der starken Dämpfung die schwingende Bewegung des Wassers nicht bis zum wirklichen Rande des Wassers, wie es scheint, fortsetzen konnte. Eine ähnliche Beobachtung liegt auch schon in der Seichesliteratur vor. In den Jahren 1892—94 war im Kesthelyer Becken des Plattensees eine Seiche von 43 Min. aufgetreten, die sich später nicht mehr zeigte. E. v. Cholnoky führt als wahrscheinlichen Grund die Wasserpest an, welche sich von dem Zeitpunkte an bedenklich ausbreitete, so dass die bedeutende Reibung des Wassers an diesen Pflanzen das Auftreten dieser Schwingung wahrscheinlich verhinderte.[1])

Eine weitere Unregelmässigkeit scheint bei der starken Abnahme der Dauer nach dem 10. Juli vorzuliegen, welche über 1 Minute beträgt. Auch dieser Umstand lässt sich vielleicht mit der schon erwähnten (S. 3) eigentümlichen Uferkonfiguration erklären. Die Schafwaschener Bucht hat nämlich als Grenze zwischen dem Überschwemmungsgebiete und dem eigentlichen Seebecken eine gut sichtbare, bis 20 cm hohe Grasböschung. Bei Pegel 60 (cm) ist nun dieses Becken gerade ausgefüllt, so dass beim Teilpunkte x_0 der Berechnung der Dauer nicht die Tiefe 0, sondern 0,20 zu nehmen wäre, wodurch eine merkliche (1,15 Min.) Verringerung der Periodendauer sich ergibt. In dieser Zeit hielt sich auch der Wasserstand zwischen Pegel 64 und 58 cm (vgl. S. 20).

Endlich zeigt sich an unserem See vom 19. November ab eine plötzliche Abnahme der Dauer der Hauptschwingung von 42,68 Min. zu 41,05 Min. und von 1. Dezember ab bis zu 40,45 Min. im Mittel. Ausserdem treten Unregelmässigkeiten

[1]) E. v. Cholnoky, Limnologie des Plattensees III S. 103.

in der Dauer der einzelnen gemessenen Reihen auf, wie z. B. am 29. Dezember, wo eine Reihe 42,48 Min. ergibt und die Reihe vom Tage nachher 40,65 Min. Auch diese Veränderung erklärt sich wiederum durch Verkürzung der Schwingungsachse und zwar durch Ufereis. Am 19. November musste der Schwimmer des Schafwaschener Limnimeters bereits eisfrei gemacht werden, und der Verfasser konnte an diesem Tage in dem Aiterbachwinkel eine Eisdecke von 2 cm Dicke und bis 40 m Randbreite persönlich beobachten. Um diese Länge wurde die Achse bei Frostwetter gekürzt, da der hydrostatische Druck eines Wellenberges nicht ausreichte das Eis zu heben. Die 2 cm dicke Eisrinde hätte nun infolge ihrer Elastizität wohl nachgegeben; aber dadurch, dass das Eis am Ufer und an dem dichten Schilfe festgefroren war, reichte ein Druck von 3 cm Wasserhöhe nicht aus dasselbe zu heben.

Diese unsere Vermutung, dass Eisbildung die Ursache der Veränderungen der Dauer war, finden wir auf einfache Weise bestätigt. In folgender Tabelle sei die an den einzelnen Tagen gemessene Dauer nochmals angefügt und daneben die, den Aufzeichnungen der meteorologischen Station Bernau entnommenen Temperaturen gesetzt, welche zu der Zeit der betreffenden Seichesreihen abgelesen wurden:

Zeit	Dauer	Temperatur	Zeit	Dauer	Temperatur
13. Nov. $12^{\overline{36}}$	42,75	+ 1,9	1. Dez. 7^{30}	41,44	+ 2,0
14. „ $11^{\overline{42}}$	42,24	+ 0,9	2. „ 2^{30}	41,70	+ 5,7
15. „ 8^{20}	42,40	— 0,4	„ 2^{06}	41,67	+ 5,7
16. „ 8^{40}	42,55	+ 0,4	3. „ 8^{00}	42,57	+ 3,2
18. „ 12^{04}	43,50	— 3,4	3. „ 2^{36}	41,42	+ 5,8
19. „ 1^{00}	42,00	— 5,4	27. „ $11^{\overline{53}}$	42,17	+ 5,8
19. „ 3^{57}	40,65	— 6,5	29. „ 4^{00}	42,48	+ 1,1
20. „ $9^{\overline{14}}$	40,28	— 2,5	31. „ 3^{30}	40,65	— 2,0
21. „ 3^{50}	40,50	— 4,5	3. Jan. 11^{25}	41,68	+ 5,3
23. „ $10^{\overline{38}}$	40,41	— 6,8	6. „ 9^{00}	41,98	+ 3,0
24. „ 2^{30}	40,60	— 1,5	6. „ 8^{22}	41,38	+ 0,0
25. „ 9^{25}	40,33	— 0,15	9. „ $6^{\underline{39}}$	42,84	+ 8,9
28. „ 1^{00}	41,20	+ 2,2	11. „	42,44	+ 6,1
29. „ 6^{25}	40,44	+ 1,0	11. „ $7^{\underline{37}}$	43,10	+ 5,0
29. „ $11^{\underline{00}}$	40,68	— 3,0			

Der übereinstimmende Gang der Temperatur und der Periodendauer, — d. h. bei Temperaturen unter 0 ist die Dauer unter 41,00 Min., bei solchen über 0 über 41,00 Min. — ist ein so vollkommener, dass unsere Annahme vollständig bestätigt wird.

Wollen wir noch die Abnahme der Dauer nach der P. Du Bois'schen Formel berechnen, so ergibt sich für eine Eisbreite von 50 m und eine Tiefe am Ende der verkürzten

Achse von 0,50 m in der Tat eine Verkürzung der Dauer um 1,5 Min.

Zu bemerken ist, dass in Seebruck wegen des freien und tieferen Ufers sich noch kein Eis bildete, während in dem vor Wind und Wellengang geschützten Aiterbachwinkel die Eisbildung begünstigt wird, da ausserdem das Schilf durch Reibung Ausgleichströmungen verhindert.

5. Die Periodendauer unter Eis.

Auch unter Eis haben wir den See, wie schon betont, in fast ständiger Seichesbewegung gefunden. Das Eis ist (auch bei 30 cm Dicke) noch hinreichend elastisch, um infolge des hydrostatischen Druckes die Wasserbewegungen mitzumachen. Die Periodendauer aber zeigt in der Beobachtungszeit zwischen dem 26. und 29. Januar eine Dauer von 40,18 Min. mit der geringsten gemessenen Dauer von 39,76 Min. Die Erklärung für diese starke Abnahme ist wohl in dem nämlichen Umstande, wie oben besprochen, zu suchen, dass nämlich das Eis bis zu einer bestimmten Uferbreite die Bewegungen nicht mehr mitmacht. Hiemit ist auch die Erklärung für die beobachtete Verringerung der Periodendauer der übrigen Schwingungen gegeben.

6. Die längeren Seichesreihen von September ab.

Oben haben wir schon darauf hingewiesen, dass das Seebrucker Ufer als Steilufer betrachtet werden kann. Während die westliche Schwingungshälfte bei Zunahme des Wasserstandes eine Verlängerung der Periodendauer ergibt, muss die östliche eine Verkürzung derselben ergeben. Der Knoten der Hauptschwingung muss also bei höherem Wasserstand entsprechend der P. Du Bois'schen Berechnungsmethode 1 bis 2 km westlicher liegen als bei niedrigem Wasserstande, wird daher im ersteren Falle nicht mit der Einengung süd-östlich der Herreninsel zusammenfallen. Infolgedessen wird bei höherem Wasserstande eine raschere Dämpfung der 43 Min.-Seiche stattfinden. Die Beobachtung hat dies auch ergeben. Ausserdem findet darin das Ausklingen der dikroten Reihen in der 29 Min.-Seiche während der 1. Monate der Beobachtungszeit seine Erklärung.

B. Die Periodendauer der übrigen Seiches nach der P. Du Bois'schen Formel.

1. Die $37^1/_2$ Min.-Seiche.

Nachdem die $37^1/_2$ Min.-Seiche auf Grund der Beobachtung mit ihrer Schwingungsrichtung und ihrem Knoten nicht festgelegt werden konnte, kann vielleicht die Berechnung der Dauer längs einer vermutlichen Achse Aufklärung geben. Setzen wir die

Berechnung der Hauptschwingung von Seebruck aus beim Teilpunkte x_5 (Stock) statt nach Schafwaschen nach Kailbach fort, so erhalten wir für eine uninodale Schwingung Seebruck-Kailbach eine Dauer von 37,59 Min., welche mit dem beobachteten Werte von 37,48 Min. auffallend übereinstimmt. Der Knoten dieser Schwingung würde darnach in die Höhe der Rothbachmündung, in die Nähe des Tiefenpunktes 56 m, fallen gemäss der bis dort sich ergebenden halben Dauer von 18,79 Min.

Das seltene Auftreten dieser Seiche hat vielleicht darin seinen Grund, dass der Knoten nicht mit der Einengung des Beckens, dem Knoten der 43 Min.-Seiche zusammenfällt, dann vielleicht auch in dem Umstande, dass das Ende des Schwingungsbauches, der Kailbachwinkel, mit der andern Schwingungshälfte durch den Mühlener Winkel kommuniziert, wodurch ein Teil des Wellenberges gegen dort abströmen kann. Bei einem Versuche, die Schwingung im künstlichen Becken nachzuahmen, musste der Aiterbacher und Mühlener Winkel abgeschlossen werden, und dann erst konnten wenige aufeinanderfolgende Schwingungen erhalten werden. (Die Dauer aber war bei der geringen Zahl nicht zu bestimmen.)

2. Die 29 Min.-Seiche.

Die 29 Min.-Seiche ist, wie nachgewiesen wurde, die binodale Seiche des Chiemsees. Früher schon (S. 32) haben wir auf das anormale Verhältnis der Periodendauer der Hauptschwingung zu derjenigen der 1. Oberschwingung von 28,96 : 43,21 = 1 : 1,49 aufmerksam gemacht, welches nahe ein Quintenverhältnis ist (um mit musikalischen Intervallen zu sprechen). Der Chiemsee hat dadurch das kleinste bis jetzt beobachtete Intervall zwischen Grund- und erster Oberschwingung aufzuweisen.

Das dichte Beobachtungsnetz hat nun aber ergeben, dass einmal die Schwingungsachse nicht mit derjenigen der Hauptschwingung vollständig übereinstimmt und dass ferner der mittlere Schwingungsbauch nicht mit dem Knoten der Grundschwingung (der 43 Min.-Seiche) zusammenfällt. Nach diesem von der Theorie abweichenden Verhalten braucht das anormale Verhältnis der Periodendauern nicht weiter mit der Theorie in Einklang gebracht zu werden.

Wir berechnen vielmehr nach der P. Du Bois'schen Formel die Periodendauer längs der gefundenen Achsen, einmal: Chieming-Gstadt-Stock und erhalten 27,86 Min. dann in der Richtung: Chieming-Südufer-Stock, in welche Achse ein Teil des Weges der Hauptschwingung fällt, und finden 27,25 Min. Die erste gefundene Dauer kann als befriedigend gelten, nachdem für diese Schwingungsrichtung die bis Gstadt benützten Tiefenzahlen nicht wirklich gelotet sind, sondern nach den Tiefenlinien angenommen wurden. Für die längs der 2. Richtung erhaltene Dauer von 27,25 Min. (gegen

28,96 Min. der Beobachtung), mussten auf der Strecke Chieming-tiefste Rinne ebenfalls angenommene Tiefenpunkte bei der Berechnung verwendet werden, so dass der Wert auch noch als genügend übereinstimmend betrachtet werden darf.

Der Knoten der Schwingungsachse Chieming-Gstadt-Stock fällt gemäss der Berechnung etwa $^1/_2$ km östlich der Fraueninsel und derjenige der Achse Chieming-Südufer-Stock an die Spitze des Achenzipfels, wodurch sich die gemeinsame Knotenlinie Achenzipfel-Gstadt ergibt, ein Resultat, das mit der Beobachtung vollständig übereinstimmt.

Die westliche Schwingungshälfte nimmt nach Beobachtung die Achsenlänge Stock-Schafwaschen ein. Die Berechnung der Periodendauer Schafwaschen-Stock ist bereits in der Berechnung der Dauer der 43 Min.-Seiche (S. 51) enthalten und ergibt 13,397 Min., also nicht einmal die Hälfte der beobachteten Dauer von 28,96 Min. Wir haben hier ein vollständiges Versagen der Theorie. Und wir dürften nicht irren, wenn wir eine Erklärung hiefür in der (S. 51) ausgesprochenen Vermutung erblicken, dass die 29 Min.-Seiche die uninodale Schwingung des Beckens Chieming-Stock ist, welche sich dem Aiterbachwinkel infolge der überwiegenden Energie ihrer Wassermasse nur mitteilt. Dieses Aufzwingen einer Schwingung von der mehr als doppelten Dauer gegenüber der der Eigenschwingung (Aiterbach-Stock) ist, wie es scheint, nur deshalb möglich, weil die starke Einengung des Beckens, der Eingang in die Bucht, mit dem Knoten der berechneten Eigenschwingung nicht zusammenfällt. Aus der Tabelle der Berechnung der Dauer der 43 Min.-Seiche ist nämlich ersichtlich, dass für Aiterbach-Eingang in die Bucht 8,942 Min. sich berechnen, wodurch für den Rest (Eingang in die Bucht-Stock) 4,455 Min. bleiben. Diese Unterteilung der Achse Stock-Aiterbach muss eine so starke Dämpfung bewirken, dass ein Aufzwingen der 29 Min.-Schwingung, einer von der Dauer der Eigenschwingung so abweichenden Seiche, erklärlich wird.[1])

Es mag hier noch auf eine 2. Schwingungsmöglichkeit der östlichen Hälfte der 29 Min.-Seiche aufmerksam gemacht sein. Die Berechnung der Periodendauer Stock-Südufer-Seebruck liefert einen mit der Beobachtung vollkommen übereinstimmenden Wert von 28,823 Min. (vgl. Tabelle S. 59). Diese Schwingungsrichtung hätte den Knoten ungefähr in der Richtung Gstadt- (1 km nördlich) Hagenau. Die 2. Schwingungsachse Stock-Gstadt-Chieming würde dabei die beobachteten Amplituden des Ostufers noch vollständig erklären. Wir hätten darnach am Chiemsee das merkwürdige Schauspiel, dass die Längs- und die Querseiche desselben Teilbeckens die gleiche Periode haben. Diese zweite Schwingungsmöglichkeit steht mit der Beobachtung nicht direkt in Widerspruch. Nur die geringe Amplitude in

[1]) Auch das grösste bis jetzt gefundene Verhältnis der Periodendauer von Grund und 1. Oberschwingung 1 : 2,07 am Léman erklärt P. Du Bois daraus, dass die Eigenschwingung des Grand-lac sich dem Petit-lac aufzwinge. (Vgl. Forel Le Léman II. S. 131).

Seebruck scheint dagegen zu sprechen und der ersten Annahme den Vorzug zu geben. Seebruck wäre darnach einmal das Ende des Schwingungsbauches der Längsschwingung und müsste entsprechend dem Verhältnis der Flächeninhalte der beiden schwingenden Teile fast gleiche Amplitude mit Stock haben. Dazu käme noch durch Überlageruug der Querschwingung ein Teil der Chieminger Amplitude, womit die beobachtete Amplitude von 29% der Schafwaschener, also 32% der Amplitude von Stock nicht übereinstimmt.

3. Die 18 Min.-Seiche und $9^1/_2$ Min-Seiche.

a) Infolge der Beobachtungsergebnisse wurde die 18 Min.-Seiche als Querseiche in der Richtung Südost-Nordwest gedeutet. Eine Anwendung der P. Du Bois'schen Formel zur Berechnung der Dauer ist aber sehr schwierig, da eine eigentliche Schwingungsachse nicht bekannt ist. Bei dieser Schwingungsform müssen vielleicht mehrere Schwingungsachsen existieren, die angenähert gleiche Dauer ergeben. Eine Achse Hagenau-Mühlen gibt 22,75 Min., Hagenau-Seebruck 22,51 Min., Irschner Winkel-Kailbach 19,59 Min. Periodendauer. Die Theorie liefert also für diese Querseiche eben in Ermangelung der Kenntnis der genauen Schwingungsachse ein wenig befriedigendes Ergebnis.

Auf Grund der Periodendauerberechnung der $37^1/_2$ Min.-Seiche lässt sich die 18 Min.-Schwingung auch als binodale Seiche Seebruck-Südufer-Kailbach und als gleichzeitige Querseiche Hagenau-Mühlen gemäss der Beobachtung auffassen. Darnach wäre die Schwingung eine trinodale Seiche Hagenau-Kailbach-Felden-Seebruck, wobei die Schwingungsachse um die Herreninsel sich schlingen und etwas südlich der Mitte des Weitsees sich schneiden würde. Diese Deutung steht auch mit der Beobachtung in Einklang. Feldwies und Felden liegen im mittleren Schwingungsbauch der binodalen Schwingung und haben mit Seebruck und Kailbach (Mühlen), den beiden Enden, entgegengesetzte Phase. Die von Urfahren auch gegen Mühlen schwingende Wassermasse löst gegen Hagenau die Querseiche aus, so dass Mühlen mit Seebruck gleiche, mit Hagenau entgegengesetzte Phase hat. Umgekehrt kann auch die Querseiche Hagenau-Mühlen durch Verlagerung des Wellenberges gegen Kailbach die binodale Seiche Kailbach-Südufer-Seebruck auslösen.

Der 1. Knoten würde etwas südlich Stock, der zweite in den Eingang der nord-östlichen Rinne des Weitsees bei Stöttham fallen, und der Knoten der Querseiche in der Richtung Seebruck-Südufer liegen. Da beide Deutungen mit der Beobachtung und Theorie fast gleich im Einklange stehen, kann über den Vorzug der einen oder anderen nicht entschieden werden. (Das Periodendauerverhältnis $18{,}22 : 37{,}48 = 1 : 2{,}02$ kann hier nicht erörtert werden, da die genaue Dauer der $37^1/_2$ Min.-Seiche nicht bekannt ist.)

Das Auftreten in Schafwaschen wird nach der P. Du Bois'schen Formel verständlich. Die Periodendauer von Aiterbach bis zum

Ausgang der Bucht gibt 9 Min., so dass der weitere Knoten mit der Einengung zusammenfällt.

b) Die $9^1/_2$ Min.-Seiche konnte als binodale Schwingung Seebruck-Südufer erwiesen werden. Die Berechnung liefert für eine Achse Seebruck-Südufer (bei Feldwies) 21,20 Min. Falls die zweite Annahme über die 18 Min.-Seiche richtig ist, könnte sie als 1. Oberschwingung derselben gelten. Das Verhältnis 9,49 : 18,22 = 1 : 1,91 stimmt mit dem an fast allen Seen gefundenen Verhältnis der Periodendauer von Grund- und erster Oberschwingung gut überein.[1])

4. Die 16 Min.-Seiche, 8 Min.-Seiche und 4 Min.-Seiche.

a) Die 16 Min.-Seiche. DieseSchwingung hat sich durch die Beobachtung als binodale Seiche Seebruck-Irschner Winkel ergeben, wozu eine weitere Schwingung Irschner Winkel-Kailbach (resp. Mühlen) wegen Vorlagerung der Herreninsel kommt, so dass die Schwingung trinodal wird. Da die uninodale Seiche Seebruck-Irschner Winkel nicht beobachtet wurde, soll die Dauer berechnet werden. Die Schwingungsachse folgt der Hauptschwingung bis zum Teilpunkte x_7 (süd-westlich der Herreninsel). Führen wir die Berechnung bis an das Ufer in der Richtung der Rinne fort, so erhalten wir eine Dauer von 24,833 + 7,72Min. = 32,553 Min. Dieser Wert ist um 0,95 Min. grösser als die doppelte mittlere Dauer unserer Seiche (2 . 15,80 = 31,60) also immer noch befriedigend.

Für die Schwingung im westlichen Becken erhalten wir als Dauer längs der Achse Kailbach-Irschner Winkel, wie (S. 67) schon erwähnt, 19,59 Min. Setzen wir die Berechnung nur bis zur Kreuzung mit obiger Achse fort, so erhalten wir 15,03 Min.

Der 1. Knoten von Seebruck aus fällt etwa $1^1/_2$ km nördlicher, als durch die Beobachtung sich ergeben hatte, also nur einige 100 m südlich Arlaching, der 2. Knoten fällt nach der Berechnung nicht genau mit dem der 43 Min.-Seiche zusammen, sondern etwa 1 km westlicher, der 3. Knoten kommt auch nach Berechnung (von Kailbach aus) in die Höhe des Einganges der Aiterbacher Bucht.

Die höchste Stelle des 1. mittleren Schwingungsbauches fällt nach Berechnung in die Höhe von Chieming, die des 2. in den Irschner Winkel.

Der Umstand, dass die Beobachtung den 1. Knoten und Bauch von Seebruck aus südlicher ergeben hat als die Berechnung, lässt vermuten, dass die 16 Min.-Schwingung sich nicht bis zu dem Punkte erstreckt, der in der Berechnung der 43 Min.-Seiche als Ende der Achse betrachtet wurde.

b) Die 8 Min.-Seiche. Diese Seiche wurde als 1. Ober-

[1]) Eine Ausnahme macht nur der Genfersee mit 1 : 2,07 und der Starnbergersee 1 : 1,58 vgl. F. A. Forel, Le Léman II S. 162 und S. 130 und H. Ebert, Sitzungsber. d. K. Ak. d. W. S. 455.

schwingung zu der 16 Min.-Seiche erkannt. Knoten und Bäuche müssen entsprechend zwischen diejenigen der 16 Min.-Seiche fallen. Zwischen Seebruck und Irschner Winkel fallen darnach 4 Knoten, bis zum Eingang in den Aiterbachwinkel der 5. und in denselben der 6. Knoten. An den Eingang der Aiterbacher Bucht fällt ein Knoten der 16 Min.-Seiche, also ein Schwingungsbauch der Oberschwingung. Darin ist wohl der Grund zu suchen, dass sich diese Seiche in den Aiterbacher Winkel fortsetzt, die 16 Min.-Seiche aber nicht.

Das Verhältnis der Dauer zu dem der Grundschwingung 8,22 : 15,80 = 1 : 1,92 sei hier noch ausdrücklich erwähnt.

Die 8 Min.-Seiche wurde auch als Eigenschwingung des Aiterbacher Winkels bezeichnet und die Berechnung der Dauer längs des Weges der 43 Min.-Seiche liefert bis zum Ausgange 8,9 Min. Die Abnahme der Dauer dieser Schwingung vom 19. November ab um fast $1^1/_2$ Min. stimmt gut mit der Abnahme derjenigen der 43 Min.-Seiche überein und bestätigt zugleich die dortigen Berechnungen.

c) **Die 4 Min.-Seiche.** Diese Seiche erschien zeitweise in Feldwies mit 4,23 Min.-Dauer, in Felden mit 4,29 Min. Dauer und von November ab auch in Seebruck mit 4,12 Min. Dauer. Obwohl der Vergleich der einzelnen Stationen keine Aufklärung über die Phase derselben, nicht einmal ein gleichzeitiges Auftreten an zwei Stationen erweisen konnte, erinnern die hinreichend übereinstimmenden Werte der Periodendauer an eine Seiche, welche nächste Oberschwingung zu der 8 Min.-Seiche sein könnte. Das in Feldwies erhaltene Verhältnis von 4,23 : 8,22 = 1 : 1,94 sei wieder besonders betont.

5. Die $12^1/_2$ Min.-Seiche.

Verfolgen wir die früher (S. 55) aufgestellte Vermutung, dass die $12^1/_2$ Min.-Seiche eine Partialschwingung Feldwies-Felden-Kailbach sei, so erhalten wir nach der P. Du Bois'schen Formel für eine uninodale Seiche eine Dauer von 25,30 Min., so dass die $12^1/_2$ Min.-Seiche als binodale Schwingung längs dieser Richtung betrachtet werden kann. Die beobachteten entgegengesetzten Phasen in Kailbach und Felden stimmen damit überein. Die zweite mögliche Schwingungsrichtung Feldwies-Mühlener Winkel-Kailbach gibt eine ebenso befriedigende Dauer von 24,87 Min., welche die $12^1/_2$ Min.-Seiche auch als binodale Schwingung längs dieser Achse möglich macht. Es ist nicht ausgeschlossen, dass die Schwingung auf beiden Wegen gleichzeitig auftritt, die Schwingungsbäuche an den Enden also beiden Achsen angehören.

6. Die 11 und 7 Min.-Seiche.

a) **Die 11 Min.-Seiche.** Diese Schwingung ist nach der Beobachtung die binodale Seiche des Teilbeckens Seebruck-Graben-

stätter Winkel. Die uninodale Schwingung längs der gefundenen bogenförmigen Achse berechnet sich zu 22,51 Min. Das südliche Ende der Achse fällt wahrscheinlich an die Mündung der Achen, das nördliche an den Ausfluss des Sees, so dass bei der Berechnung die beiden Enden der Achse nicht die Tiefe 0 erhalten, wodurch sich die Dauer hinreichend verkürzt, so dass die Beobachtung mit der Theorie gut übereinstimmt.

Diese Schwingung war die einzige, bei welcher die Dauer unter Eis sich nicht verringerte. Die Erklärung hiefür ist sehr wahrscheinlich nur darin zu suchen, dass die Enden der Achse, wie oben erwähnt, mit der Mündung der Achen und dem Seeabfluss zusammenfallen, an welchen Stellen der See oft bis 200 m eisfrei war.

Auch die Zunahme der Periodendauer dieser Seiche mit abnehmendem Wasserstande (vgl. S. 30) erklärt sich durch das Zusammenfallen der beiden Enden der Achse mit dem Zu- und Abfluss, so dass keine Verkürzung der Achse stattfinden konnte. Auch hierin finden wir eine Bestätigung der Theorie.[1])

b) **Die 7 Min.-Seiche.** Die 7 Min.-Schwingung ist nach Beobachtung die trinodale Seiche entlang obiger Achse, welches Ergebnis auch mit der berechneten Dauer und derjenigen der binodalen Schwingung übereinstimmt (3.7,01 = 21,03; 2.10,80 = 21,60; berechnet 22,51).

7. Die 5 Min.-Seiche.

Eine Berechnung der Dauer dieser Schwingung, der Querseiche des nördlichen Weitseebeckens, ist wieder deshalb sehr schwierig, weil (wie bei der 18 Min.-Seiche als Querseiche) die eigentliche Schwingungsrichtung nicht zu finden ist. Um nur eine ungefähre Vorstellung von der Dauer einer uninodalen Querseiche dieses Beckens zu erhalten, wurde die Berechnung nach dem von E. Bayberger geloteten Profil Golletshausen-Arlaching durchgeführt und ergab 13,08 Min. Dauer. Bedenkt man, dass gerade bei diesem Profil das Ende sehr seicht ist und dass die Achse immer die tiefste Rinne eines Beckens bildet, so ist die Beobachtung auch durch die Berechnung als möglich erwiesen.

8. Die Seiches kürzerer Dauer.

Hat die Theorie bei den uninodalen Seiches der bis jetzt untersuchten Seen immer befriedigende Übereinstimmung mit der

[1]) Die Mitteilung dürfte von Interesse sein, dass die Dauer dieser Seiche bereits in dem mehrerwähnten Projekte über die Regulierung der Wasserstände des Chiemsees (S. 69 und 70) sich berechnet vorfindet. E. Nenning kommt dort an der Hand theoretischer Betrachtungen zu dem Resultate, dass das bei Hochwasser plötzlich in den See geworfene Wasser der Achen durch Wellenbewegung (Querschnittsverdichtungen) sich ausbreite, und berechnet als Zeit, bis diese Bewegung von der Achenmündung bis zum Seeabfluss (Seebruck) sich fortpflanzt, 10 Min., was der halben Dauer der uninodalen Seiche Grabenstätter Winkel-Seebruck entspricht.

Beobachtung ergeben, so standen schon die Ergebnisse der Untersuchungen der 2 knotigen Schwingungen nicht immer mit der Theorie im Einklang. Ein Beispiel dafür ist auch die 29 Min.-Seiche des Chiemsees, bei welcher eine Anwendung der Theorie ohne die genaue Festlegung von der Schwingungsachse nicht nur, sondern auch vom mittleren Schwingungsbauche zu ganz unrichtigen Schlüssen hätte führen können. Bei der binodalen Schwingung eines Sees schon, um so mehr bei den mehrknotigen Schwingungen, wirkt, wie die vorausgehenden Untersuchungen am Chiemsee gezeigt haben, die unregelmässige Beckenform zu der Schwingungs-Unterteilung des Beckens mit. An der Hand der Theorie etwa die 11 Min.-Seiche weiter zu verfolgen, wie sie als mehrknotige Schwingung das Becken bis Schafwaschen beherrschte, ist daher schwer möglich.

Umsoweniger kann die 3 Min.-Seiche und die kürzerer Dauer durch Berechnung nach einer vermutlichen Achse weiter aufgeklärt werden. Sie hat sich zwar aus der Beobachtung gleichzeitig an mehreren Stationen erwiesen und einmal sogar mit Phasenübereinstimmung; es ist aber dabei immer noch möglich, dass diese Schwingungen, wohl von der gleichen Ursache erzeugt, dennoch unabhängig von einander den See beherrschen. Nur eine eingehende Untersuchung dieser Seiches von so kurzer Dauer mit noch rascherem Streifengang und dichterem Beobachtungsnetze (mit genauer Zeitübereinstimmung) kann darüber Aufklärung geben.

C. Die Seiches des natürlichen und künstlichen Chiemseebeckens.

Bei den Vorversuchen waren die Seeschwankungen im Beckenmodelle studiert worden, um auf die Schwingungsmöglichkeiten des wirklichen Seebeckens schliessen zu können, und es dürfte noch von Interesse sein, die dort erhaltenen Seiches mit den entsprechenden Schwingungen des Chiemsees, wie sie sich im Vorausgehenden ergeben haben, zu vergleichen.

1.) Die uninodale Seiche Seebruck-Schafwaschen hatte sich zu 41,58 Min. (umgerechnet auf die Dimensionen des Sees) ergeben, ein Wert der sehr befriedigend mit dem beobachteten von 42,38 Min. (bei Mittelwasser) übereinstimmt.

2.) Eine uninodale Schwingung Seebruck-Grabenstätter Winkel hatte eine Dauer von 17,49 Min., welche gegenüber der beobachteten binodalen von 10,80 Min. merklich zu klein ist.

3.) Eine uninodale Seiche Seebruck-Irschner Winkel von 27,21 Min., welcher hinter der doppelten binodalen Schwingungsdauer von 2 . 15,80 Min. auch zurückbleibt.

4.) Eine uninodale Seiche Seebruck-Mühlen von 22,45 Min. Dauer kann mit keiner entsprechenden, am See beobachteten verglichen werden. Die trinodale 8,22 Min.-Seiche kann vielleicht damit in Beziehung gebracht werden.

5.) Eine trinodale Seiche Seebruck-Feldwies-Irschner Winkel-Kailbach von 16,69 Min. Dauer nähert sich der wirklich beobachteten von 15,80 Min. befriedigend.

Dass die im künstlichen Seebecken erhaltene Dauer nicht sofort die Dauer der Schwingung des Sees selbst ergeben kann, hat seinen Grund, wie schon früher erwähnt, darin, dass geringe Abweichungen der Beckenform und Tiefe einen bedeutenden Einfluss auf die Schwingungsform und Dauer haben können. Dann verhält sich Quecksilber an den seichten Ufern und engen Stellen infolge seiner geringen Adhäsion nicht so wie Wasser, was der Theorie nach sonst der Fall sein sollte, so dass gerade die seichten Stellen ganz fehlen. Die Stellen geringerer Tiefe vergrössern nun, wie die Theorie leicht ersehen lässt, die Dauer einer Schwingung bedeutend. Darin liegt wohl die Erklärung, dass die Schwingungen, bis auf eine, kürzere Dauer aufweisen als die im natürlichen Seebecken und in diesem Umstande ist wohl auch der Grund dafür zu suchen, dass die 29 Min.-Seiche, 18 Min.-Seiche, überhaupt alle Schwingungen, bei welchen die enge Kommunikation nördlich der Herreninsel beteiligt ist, nicht nachzuahmen waren.

VII. Die Ursachen der Seiches des Chiemsees.

1. Einleitendes.

Die Forschungen nach den Ursachen der Seiches der einzelnen Seen haben bis jetzt keine übereinstimmenden Ergebnisse geliefert. F. A. Forel, der in seiner mehr erwähnten Monographie des Genfersees den Ursachen der Seiches eine ausführliche Behandlung widmet,[1]) kommt an der Hand des vieljährigen Beobachtungsmateriales zu dem Schlusse, dass es mehrere Ursachen geben müsse, welche Seeschwankungen von grösserer und kleinerer Amplitude auslösen. Anziehung der Wolkenelektrizität und Erdbeben hält er für mögliche Ursachen, wofür er jedoch keinen einzelnen beweisenden Fall aus den langjährigen Beobachtungen anführen kann. In lokalen Luftdruckschwankungen und den damit gleichzeitig auftretenden böigen Winden, findet er die Hauptursachen der Seiches des Léman. E. v. Cholnoky ferner weist in seiner Limnologie des Plattensees an 38 Limnographenkurven

[1]) F. A. Forel, Le Léman II S. 168.

das Zusammenfallen grösserer Wasserstandsschwankungen mit dem Wechsel der Windstärke und Windrichtung nach, wobei auch manche Fälle ergänzend erklärt werden durch gleichzeitige Luftdruckunterschiede an beiden Enden des Sees. Rasche lokale Luftdruckschwankungen erzeugen auf dem Plattensee nur Partial- und Oberschwingungen. Herr Professor Dr. H. Ebert endlich konnte am Starnbergersee nachweisen, dass plötzlich eintretende Luftdruckänderungen, wie sie die sogenannten Gewitternasen begleiten, kräftige Seiches erregen können.

Die Ursachen der Seiches scheinen darnach je nach den geographischen Verhältnissen der einzelnen Seen verschieden zu sein. Dazu kommt, dass in neuerer Zeit noch nicht erwiesene Ursachen mehr hervorgekehrt werden, wie von Ph. Plantamour die Anziehung der Wolkenelektrizität. Dann glaubt G. H. Darwin den Erdbeben einen grösseren Einfluss zuschreiben zu müssen. Es verlohnt sich daher, auch nach den Ursachen der Seiches des Chiemsees zu forschen. Nimmt derselbe doch, wie schon in der Einleitung erwähnt, in seinen geographischen Verhältnissen eine Sonderstellung gegenüber den schon erforschten Seen ein. Nach der nun erfolgten Aufklärung seiner Schwingungsformen tritt ferner die starke Krümmung seiner Hauptschwingungsachse, wie der geringe Abstand der Endpunkte derselben — Schafwaschen-Seebruck misst in Luftlinie nur 10 km — besonders noch hervor. Ein weiterer Umstand, der zur Forschung nach den Ursachen der Seiches unseres Sees einladet, ist der, dass die erzeugten Seichesreihen infolge der starken Dämpfung rasch zerstört werden, so dass die Entstehung neuer Reihen mit ihrem Zeitpunkte und der Grösse der sie bedingenden Denivellationen genauer bestimmt werden kann, als dies sonst wohl möglich ist.

2. Die metereologischen Beobachtungen.

Neben den Limnogrammen mussten nach den oben erwähnten Ergebnissen an anderen Seen vor allem gleichzeitige Barogramme erhalten werden und wo möglich an beiden Enden der Hauptachse. Für das Westende nun konnten die Aufzeichnungen des registrierenden Barometers der Alpenvereins-Sektion Prien verwendet werden.[1]) Das Instrument stand direkt südlich Schafwaschen in einer Entfernung von 3 km vom dortigen Limnimeter. Der Fehler dieses Barometers konnte bis ± 1 mm Quecksilber betragen. Da derselbe nicht konstant war, so können die geringen Temperaturkorrektionen ausser Betracht bleiben. Der Streifengang betrug pro Tag 34 mm.

Am Nordende wurde eigens zu diesem Zwecke ein selbstregistrierendes Aneroidbarometer aufgestellt, das Herr Baron von und zu Aufsess auf Vermittlung von Herrn Professor Ebert dem Verfasser gütigst zur Verfügung stellte. Der Streifen-

[1]) Der Vorstandschaft der Alpenvereins-Sektion Prien sei auch an dieser Stelle für das freundliche Entgegenkommen bestens gedankt.

gang dieses Instrumentes betrug pro Tag 40 mm, der Fehler überstieg nicht ± 1/2 mm.[1]) Das Barometer stand vom 24. Juni bis 25. Oktober im Pfarrhofe in Seebruck, vom 25. Oktober bis 2. Februar in Arlaching, im Hause des Herrn Kunstmalers Buschböck und vom 2. Februar ab in der Nähe des Limnimeters, im Hause des Herrn Hauptmanns a. D. Trottmann.[2])

Um die Diagramme beider Instrumente vergleichen zu können, wurden dieselben gleichzeitig mit den Limnimetern kontroliert und mit übereinstimmenden Zeitmarken versehen. Da sie auf fast gleicher Höhe über dem Meere standen (Prien 532 m, Seebruck 533 m, Arlaching 526 m), konnten sie, ohne eine Reduktion vornehmen zu müssen, in ihrem Gange verglichen werden.

Am Plattensee besonders hatte sich auch ein Einfluss der Stärke und Richtung des Windes auf die Wasserstandsschwankungen ergeben und auch am Chiemsee war eine Einwirkung desselben schon bei den Vorversuchen bemerkt worden; es war deshalb erwünscht, auch diesen wichtigen metereologischen Faktor zu registrieren. Herr Professor Dr. H. Ebert hat zu diesem Zwecke eine Windfahne mit Registrierwerk konstruiert und dem Verfasser gütigst zur Verfügung gestellt.

Da dieselbe im Prinzipe von den gewöhnlich im Gebrauche befindlichen Instrumenten abweicht, sei sie an dieser Stelle kurz beschrieben:

Mit der Stange der Windfahne, welche nach Bedarf verlängert werden kann, ist das Uhrwerk fest verbunden und dreht sich also mit der Fahne. Es trägt eine horizontale Schiene, auf welcher der Schreibstift in einer Führung pro Stunde um 6 mm einwärts gezogen wird (fast radial). Der Schreibstift steht vertikal in genannter Führung und wird durch sein eigenes Gewicht auf das Papier gedrückt, das auf einer horizontalen Zinkplatte aufgelegt und mit 4 federnden Klammern festgehalten wird.

Die Registrierung der Windrichtung erfolgt darnach in der Weise, dass der Schreibstift in seiner jeweiligen Entfernung vom Mittelpunkte des Papiers infolge der Hin- und Herbewegungen der Fahne einen Kreisbogen beschreibt. Die Mitte dieses Bogens gibt die Windrichtung, der Abstand vom äussersten Kreise die Zeit und die Grösse des Bogens lässt die Windstärke schätzen. Die Fahne wird nämlich infolge ihrer leichten Beweglichkeit ständig sich um einen Winkel hin- und herdrehen, der von der Stärke des Windes abhängt. (Die Öldämpfung, welche dies verhindern sollte, wurde deshalb nicht verwendet.)

Das Instrument fand anfangs eine sehr vorteilhafte Aufstellung in Seebruck auf dem Limnimetertische selbst. Doch funktionierte es nicht befriedigend, da das Uhrwerk bei seiner geringen Zugkraft vor Witterungseinflüssen nicht genügend geschützt war. Erst vom 21. August ab, nachdem die Windfahne in einem geschützten Badehause Aufstellung gefunden hatte, wurde eine fast ununterbrochene Registrierung der Windrichtung erhalten. Zugleich wurde ein Aufstellungsort in der ungefähren

[1]) Da nur die Veränderungen des Standes in wenigen Minuten und nicht der absolute Stand verwendet wird, sind Temperaturkorrektionen nicht anzubringen. Das Instrument stand dazu stets in geschlossenen Räumen.

[2]) Herrn Pfarrer Stoll und genannten beiden Herrn, welche dazu die Instrumente persönlich bedienten und mit Zeitmarken versahen, sei auch an dieser Stelle ergebenst gedankt.

Mitte der Hauptachse gewählt und zwar ein Badehaus in Felden, [1]) wo die Fahne 5 m über Wasser sich befand und auf allen Seiten frei dem Winde ausgesetzt war.

Weiterhin standen dem Verfasser die Tagebücher der metereologischen Stationen II. Ordnung Bernau und Traunstein zur Verfügung. In Bernau, der Station der k. Moorkulturanstalt, befindet sich auch eine H. Wild'sche Windfahne, deren Angaben zum Vergleiche mit der nur 2 km entfernten registrierenden Windfahne vorteilhaft benützt werden konnten. Erstere stand 16 m über dem Boden. Die nach Stevenson (vgl. Hann, Lehrbuch der Metereologie S. 384) beobachtete Windstärke in dieser Höhe ist ungefähr 1,5 mal so gross als in 5 m Höhe. Da aber bei der registrierenden Fahne auf 3 Seiten der Wind von einer Wasserfläche kam, die Fahne der Station aber nicht in ganz freiem Gelände stand, kann die Windstärke in diesen Höhen angenähert als gleich gross genommen werden, was auch die Beobachtungen bestätigten. Ausserdem standen die Diagramme des dortigen registrienden Regenmessers dem Verfasser zur Verfügung.[2])

Ferner konnte der Verfasser aus den eingelaufenen Gewitterkarten der k. bayr. metereologischen Centralstation wichtige Beobachtungen entnehmen, welche um so zweckdienlicher waren, als gerade um den Chiemsee das Beobachtungsnetz (vgl. Kartenskizze auf Tafel I Fig. 7) sehr dicht gezogen ist.[3])

Endlich konnte der Verfasser auch seine persönlichen Beobachtungen anlässlich des häufigen, ganze Tage währenden Aufenthaltes am See im folgenden verwenden. Dieselben erstreckten sich auf Ablesungen an einem sehr empfindlichen Aneroidbarometer,[4]) auf Messungen der Windstärke mittels eines Anemometers, das der Münchener Verein für Luftschifffahrt dem Verfasser auf die Vermittlung von Herrn Professor Dr. H. Ebert gütigst zur Verfügungstellte, auf die Beobachtungen der Zugrichtung und Geschwindigkeit von Gewittern, Wolkenbeobachtungen u. a.

3. Statistisches Material.

a) **Verwendung der Schafwaschener Limnogramme.** Zunächst wollen wir bei der Untersuchung der Ursachen der Seiches

[1]) Gasthofbesitzer und Fischer Herr Stefan erlaubte freundlichst die Aufstellung und dessen Sohn übernahm die Bedienung.

[2]) Für das freundliche Entgegenkommen von Seiten des Vorstandes der k. bayr. Moorkulturanstalt Herrn Dr. A. Baumann, wie des Beobachters der metereologischen Station Traunstein Herrn Professor L. Blumschein sei auch hier bestens gedankt.

[3]) Herrn Professor und Direktor Dr. Erk sei für das gütige Entgegenkommen auch an dieser Stelle ergebenst gedankt, wie auch Herrn Assistenten Jehlin für die freundliche Unterstützung bei der Durcharbeitung des Kartenmateriales.

[4]) Dasselbe war mit dem Normalbarometer der metereolog. Station verglichen worden.

des Chiemsees nur die 43 Min.-Seiche und die 29 Min.-Seiche, also nur das Schafwaschener Limnogramm in Betracht ziehen. Die dortige halbe Amplitude der Hauptschwingung stellt fast die ganze Niveaudifferenz beider Seeenden dar. Während nämlich die Erhebung über die Gleichgewichtslage in Schafwaschen die Hälfte der von uns eingeführten Amplitude ist, ist die Senkung unter das Niveau in Seebruck nur $^1/_6$ der Erhebung in Schafwaschen, so dass der ganze Niveauunterschied Schafwaschen-Seebruck, der bei der Entstehung der Seiches erklärt werden muss, gleich $1^1/_6$ der Schafwaschener halben Amplitude ist. Bei der 29 Min.-Seiche ist die erzeugte Niveaudifferenz Stock-Chieming — diese nur werden wir später in Betracht zu ziehen haben — $^{90}/_{100} + ^{42}/_{100}$ der halben Schafwaschener Amplitude (vgl. Amplitudenverhältnisse S. 50), also 1,32 der in Schafwaschen gemessenen halben Amplitude der 29 Min.-Seiche. Da ausserdem in Schafwaschen die Amplituden der genannten Schwingungen so überwiegen, kann der Zeitpunkt der Störung und Neuentstehung einer Seiches-Reihe gut erkannt werden, während dies in dem Seebrucker und anderen Limnogrammen bei den vielen Oberschwingungen sehr oft nicht möglich ist.

b) **Tägliche Maximalschwankungen, gemessen in Schafwaschen.** Um zunächst eine Vorstellung von der Grösse der in den einzelnen Monaten und Tagen auftretenden Denivellationen zu bekommen, seien in folgender Tabelle die grössten täglichen Wasserstandsschwankungen in Schafwaschen zusammengestellt, wobei die vom tiefsten Punkte zum höchsten Punkte des betreffenden Kurvenzuges erfolgte Messung in „mm“ angegeben ist.

Tabelle der täglichen Maximalschwankungen des Chiemsees in Schafwaschen.

Monatstag	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Januar
1.	—	40	10	23	44	26	39	6	14	(10)
2.	—	38	2	90	37	14	22	9	41	—
3.	—	17	10	7	61	10	26	10	15	21
4.	8	20	32	20	7	9	23	11	8	20
5.	15	27	7	5	46	84	27	16	—	20
6.	25	32	7	9	15	69	10	21	—	12
7.	22	36	23	9	56	9	7	16	—	16
8.	3	11	30	5	300	13	8	18	—	20
9.	9	17	65	6	35	16	22	12	—	19
10.	14	2	18	127	30	41	25	11	—	20
11.	10	7	8	56	71	41	12	6	—	20
12.	7	7	19	9	46	23	51	4	—	23
13.	(4)	55	29	7	34	31	8	5	—	17
14.	6	(5)	11	12	28	3	41	12	—	—
15.	15	18	10	25	15	9	8	12	—	—
16.	5	26	9	30	7	8	21	20	—	—

Monatstag	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Januar
17.	7	20	15	31	62	11	20	8	—	—
18.	5	68	8	10	9	31	12	15	—	—
19.	9	17	8	48	10	18	26	55	—	—
20.	6	36	12	67	51	10	6	26	—	—
21.	22	42	41	32	48	7	15	7	—	—
22.	6	34	40	13	14	8	18	12	—	—
23.	10	31	10	14	4	8	15	15	—	—
24.	3	16	39	22	8	12	6	16	—	—
25.	36	7	8	16	10	7	9	52	—	—
26.	14	6	7	12	12	6	16	48	—	18
27.	10	10	5	36	22	4	7	10	41	15
28.	11	4	6	21	18	12	6	12	11	8
29.	4	6	6	7	49	14	11	24	38	25
30.	14	5	55	4	25	34	8	36	26	12
31.	—	8	—	65	11	—	4	—	8	14
Monatl. Summe:	317	668	548	838	1185	588	529	525	(202)	(310)
Mittl. Tageshöchstwert	12	22	18	27	38	20	17	18	22	17
Genfersee (1891):	49	52	43	43	61	52	64	75	80	57
Grösste monatl. Ampl.:	25	68	65	127	300	84	51	55	41	25
Genfersee:	130	110	120	120	160	160	130	310	190	100

Mittlerer Tageshöchstwert des Beobachtungs-Jahres 20,8mm (Genfersee 60 mm).

Überblicken wir die Zusammenstellung, so fällt deutlich eine Zunahme der Amplituden bis August auf, wo dieselben auch ohne die excessive Schwankung von 30 cm ihr Maximum erreichen. Ein plötzliches Nachlassen der Amplituden beginnt mit dem September, von wo ab dieselben bis auf den Monat November ziemlich gleich bleiben. Auch die grössten monatlichen Amplituden haben bis August ganz parallelen Gang, nehmen dann vom September an allmählich ab bis zum Januar, welcher Monat den gleichen Höchstwert (25) wie der April aufweist.

Ein Vergleich mit den entsprechenden (in der Tabelle darunterstehenden) Zahlen des Genfersees vom Jahre 1891[1]) gibt für dieselben einen ganz verschiedenen Gang. Die Monate Juni und Juli haben das geringste mittlere Tagesmaximum, während die Monate Oktober, November, Dezember der Reihe nach steigende Werte aufweisen. Das Jahresmaximum mit 310 fällt am Genfersee in den November, am Chiemsee (300) in den August. Der August nimmt sonst auch am Genfersee zwischen März und Oktober eine bevorzugte Stelle ein. In den August fällt auch die grösste bis jetzt am Genfersee mit dem Limnimeter gemessene Amplitude von 620 mm (20. August 1890.) Saussure berichtet auch von einer ausserordentlich grossen Seiche am 3. August 1763 von 1,47 m, während die grösste historische Seiche von 1,87 m am 3. Oktober 1847 auftrat.

[1]) Forel, Le Léman II S. 171 u. 172.

Aus der Tabelle tritt ferner wiederholt ein allmähliches Anwachsen der Amplituden von Tag zu Tag bis zu einem Maximum hervor, dem ein eben solches Abnehmen folgt. So wächst die Amplitude vom 1. bis 6. November von 6 bis 21 mm und nimmt bis 13. November wieder bis auf 5 mm ab. Ähnliche Beispiele geben die Zahlenreihen vom 4. bis 11. Juni, 11. bis 16. Juni, 21. bis 28. November u. a. m. Dabei zeigt sich aber zeitweise auch ein plötzliches Anwachsen von einem Tage zum andern, z. B. vom 29. auf 30. Juni von 5 auf 55 mm, vom 9. auf 10. Juli von 6 auf 127 mm, vom 16. auf 17. August von 7 auf 62 mm. Gerade die Monate, welche die grössten Amplituden aufweisen, zeigen am öftesten solche plötzliche Änderungen. Auch in der von Forel aufgestellten Tabelle[1]) findet sich zeitweise ein solches Anwachsen und Abnehmen wie z. B. vom 26. März bis 4. April (4; 19; 23; 23; 21; 18; 17; 13; 9; 8; 5 Centimeter). In den Sommermonaten sind ferner ebenso wie am Chiemsee die raschen Änderungen zu finden. Während nun am Genfersee, wo die Dämpfung der Schwingungen nur gering ist, die grössten Tagesschwankungen mehrerer aufeinanderfolgender Tage von ein und derselben Denivellationswirkung herrühren können, dauert eine Seichesreihe am Chiemsee nie einen ganzen Tag. Die einzelnen Tagesmaxima werden nun fast durchwegs einer neuen anderen Denivellation ihren Ursprung verdanken. Auf Grund dieses Verhaltens der Tagesmaxima der Amplituden lässt sich hier jedenfalls der Schluss ziehen, dass die neuerzeugten Denivellationen und deshalb auch die sie bedingenden Ursachen am Chiemsee in dem Beobachtungsjahre in bestimmten Zeiträumen von Tag zu Tag an Stärke zunahmen, um dann ebenso wieder abzunehmen und dass die Ursachen besonders in den Sommermonaten auch plötzlich in grosser Stärke auftraten. Da nun aber an ein und demselben Tage mehrere neue Reihen erzeugt und wieder zerstört sein können, so geben die täglichen Maxima noch kein klares Bild der Wirkungen der noch unbekannten Ursachen.

c) **Die tägliche Summe der neuerzeugten Amplituden.** Um einen genaueren Einblick in die Grösse und Häufigkeit dieser Ursachen zu erhalten, sollen in einer weiteren Tabelle die täglichen Summen der neuerzeugten Amplituden zusammengestellt sein. Daneben sei die Anzahl der pro Tag gemessenen Fälle angefügt. An unruhigen Tagen kam es sehr häufig vor, dass die herrschende Amplitude verstärkt oder geschwächt wurde. Aus der neuen Amplitude und der Phasenänderung konnte die neu hinzugekommene Amplitude angenähert geschätzt werden. [Eine genaue Berechnung, wie sie aus den (S. 13) angeführten Gleichungen möglich gewesen wäre, war zu diesem Zwecke unnötig].

[1]) Forel, Le Léman II S. 172.

Tabelle der täglichen Summen der neuerzeugten Amplituden.

Monatstag	April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		Januar	
	Summe	Zahl	Summe	Zahl	Summe	Zahl	Summe	Zahl	Summe	Zahl	Summe	Zahl	Summe	Zahl	Summe	Zahl	Summe	Zahl	Summe	Zahl
1.	—	—	115	5	(10)	1	43	6	145	5	50	4	108	5	17	4	57	5	—	—
2.	—	—	53	2	(2)	1	164	5	109	5	44	7	51	4	31	5	135	6	—	—
3.	—	—	28	3	36	6	20	4	112	2	13	2	76	4	31	4	53	3	67	5
4.	13	2	54	4	54	6	36	4	13	3	29	4	101	6	38	6	14	2	83	5
5.	20	2	44	3	13	2	14	3	71	3	153	6	79	4	67	6	8	3	64	4
6.	35	2	64	5	19	4	20	4	25	3	214	6	(17)	(2)	73	4	—	—	42	4
7.	33	2	47	3	42	2	19	3	124	3	25	4	(10)	(2)	72	6	—	—	35	5
8.	17	4	30	4	15	3	17	3	345	4	44	5	27	4	68	5	—	—	58	5
9.	21	3	36	5	52	4	18	6	68	3	28	3	34	2	63	4	—	—	27	3
10.	43	4	4	2	(20)	2	135	8	69	5	110	6	52	3	57	5	—	—	64	5
11.	35	5	13	4	(8)	1	198	5	95	2	171	6	77	5	40	4	—	—	82	5
12.	15	3	19	4	19	2	12	2	56	3	124	7	13	2	25	4	—	—	31	3
13.	15	3	87	5	57	2	27	6	54	3	61	4	—	—	14	4	—	—	35	3
14.	12	2	32	2	36	4	23	3	66	4	14	5	45	2	26	6	—	—		
15.	30	3	—	—	27	4	55	5	35	4	25	5	8	1	52	5	—	—	—	—
16.	11	2	75	4	11	2	62	4	23	4	21	3	21	2	78	5	—	—	—	—
17.	17	3	56	4	20	2	88	5	160	6	36	5	52	4	19	2	—	—	—	—
18.	10	2	198	4	15	3	29	4	37	5	44	3	12	1	57	5	—	—	—	—
19.	24	4	52	4	11	2	133	6	43	5	32	4	31	3	214	7	—	—	—	—
20.	9	2	95	6	19	2	115	5	150	6	27	7	25	3	58	3	—	—	—	—
21.	34	3	100	4	103	6	94	5	120	6	18	4	39	4	23	5	—	—	—	—
22.	22	4	71	4	52	2	37	4	27	3	28	4	35	3	30	3	—	—	—	—
23.	24	3	60	3	38	5	45	7	18	4	18	3	26	3	27	2	—	—	—	—
24.	14	3	48	4	66	4	58	5	31	4	33	4	5	1	67	6	—	—	—	—
25.	36	3	12	2	15	3	62	6	29	4	27	4	28	4	112	7	—	—	—	—
26.	44	5	11	3	20	4	21	4	62	7	15	3	38	4	47	3	—	—	48	(3)
27.	26	4	22	5	15	3	85	7	82	7	24	5	28	5	20	4	141	4	12	3
28.	21	2	10	3	26	4	68	6	118	7	35	5	20	4	25	4	40	5	56	7
29.	8	2	10	3	18	4	17	4	32	4	65	5	34	4	92	6	78	6	78	6
30.	26	2	17	4	22	4	10	4	94	6	99	5	21	4	114	5	104	6	48	5
31.	—	—	75	3	—	—	92	5	35	5	—	—	19	4	—	—	14	(1)	46	6
Monatl. Summe:	615	79	1978	111	853	96	1790	148	2448	135	1627	138	1122	99	1657	139	(630)	(41)	(875)	(77)
Mittl. tägl. S. und mittl. tägl. Zahl:	22,8	2,93	49,3	3,73	28,5	3,20	64,2	4,77	79,9	4,49	54,2	4,6	37,4	3,3	52,2	4,6	63,0	4,1	51,5	4,53
Grösste tägl. S.:	44	5	198	6	103	6	198	5	345	4	214	6	108	5	214	7	141	4	83	5
Kleinste tägl. S.:	8	2	4	2	(2)	(1)	10	4	13	3	13	2	(5)	1	17	4	8	3	12	3
Mittl. Schwankung:	7,8	—	13,3	—	8,9	—	12,1	—	18,1	—	11,8	—	11,3	—	12,0	—	15,0	—	12,0	—

Bilden wir die Tagesmittel für die einzelnen Monate, so finden wir beim Vergleich mit der früheren Tabelle der täglichen Maximalamplituden, dass Juli und August auch hier noch an erster Stelle stehen, dass sie aber die Monate September, November, Dezember und Januar nur mehr um wenige Millimeter überragen. April, Juni und Oktober bleiben auch jetzt noch an letzter Stelle. Da nun diese Zahlen die Grösse der täglichen Wirkungen dieser noch unbekannten Ursachen darstellen, so folgt daraus, dass die Ursachen selbst in den Monaten Juli und August des Beobachtungsjahres am Chiemsee nicht nur die grössten Jahresschwankungen erzeugten, sondern auch häufiger als in den übrigen Monaten mit grossen Wirkungen hervortraten. Die Monate September, November, Dezember und Januar weisen ohne grosse Einzelschwankungen doch grosse tägliche Wirkungen auf, so dass die Ursachen mit mittlerer Wirkung häufiger als in den übrigen Monaten sich zeigten. Die Monate April, Juni und Oktober waren der Reihe nach die ruhigsten Monate.

Die Zahl der täglichen Fälle lässt sich bedauerlicher Weise nicht diskutieren, da an unruhigen Tagen die kleineren Schwankungen nicht herausgefunden werden konnten und an ruhigen Tagen die Limnimeter die kleineren Schwankungen infolge einer der besprochenen Störungen (S. 11) zeitweise nicht anzeigten. An Tagen, wo eine merkliche Störung zu verzeichnen war, ist dies durch Einklammern der Zahl angedeutet. Die kleinste tägliche Summe jeden Monats ist daher als zu klein zu nehmen und die mittlere Einzelschwankung als zu gross anzusehen.

Aus obiger Zusammenstellung tritt das bei den täglichen Maxima der Amplituden bereits erwähnte allmähliche Anwachsen und wieder Abnehmen der Zahlen, d. i. der Tagessummen der neuerzeugten Amplituden, noch deutlicher hervor. Sämtliche Tage lassen sich in 40 Gruppen abteilen, wobei die längste derselben 14 Tage und die kürzeste 4 Tage umfasst. Erwähnt seien die Gruppen zwischen dem 8. und 14. April, dem 24. bis 30. April, dem 19. und 27. Mai, dem 11. und 17. Juni, dem 29. Juni und 5. Juli, dem 18. und 24. August, dem 9. und 14. September, dem 16. und 22. September, dem 1. und 14. November u. a. m. Auch einzelne plötzliche Steigerungen der täglichen Summe der neuerzeugten Amplituden sind noch zu finden, wie vom 29. auf 30. Juni, vom 9. auf 10. August u. a. Der oben schon (S. 78) ausgesprochene Schluss auf das entsprechende Verhalten der Ursachen lässt sich auch aus dieser Zusammenstellung ziehen.

Die Zahlenreihen obiger Tabelle, welche gleichsam die Arbeit enthalten, die die noch unbekannten Kräfte am Chiemsee im Beobachtungsjahre geleistet haben, können wir nun an der Hand der metereologischen Beobachtungen weiter verfolgen.

4. Die täglichen Summen der neuerzeugten Amplituden und die gleichzeitigen metereologischen Beobachtungen.

Vergleichen wir zunächst die Tagesgruppen mit dem mittleren täglichen Barometerstand, so kommen Gruppen bei höherem und

tieferem Barometerstand vor (vgl. auch Forel II S. 171). Betrachten wir aber den Gang des Barometers in diesen Zeiten, so fällt sofort eine zunehmende Unruhe desselben auf bis zu dem Tage der grössten Niveauschwankungen und von da ab ein Übergang zu ruhigerem Stande. In 16 von den 34 Tagesgruppen (gerechnet vom 18. Mai ab, dem Beginn der Barometerregistrierung in Prien) beginnt das Barometer zu fallen, um dann nach 1 bis 2 Tagen tiefstem Stande wieder rasch zu steigen. Mit dem tiefsten Stande setzen immer starke Seeschwankungen ein, welche sich bei raschem Steigen des Barometers noch steigern können, um dann mit dem langsameren Weitersteigen nachzulassen. Auch die längste Tagesgruppe vom 1. bis 14. November gehört zu dieser Art. Bei 14 Fällen zeigen sich während der betreffenden Zeit häufige, kurzdauernde Änderungen des Barometerstandes, wobei der mittlere Stand erhalten bleibt. In den übrigen 4 Fällen steigt in zwei das Barometer rasch, und nur in den 2 Fällen zwischen dem 23. Oktober und 1. November zeigt das Barometer ruhigen Gang. Die grösste in dieser Zeit gemessene Amplitude ist aber nur 16 mm, so dass wir diese beiden Gruppen zu den Seiches bei ruhigem Wetter rechnen können, worauf wir in einem eigenen Kapitel zurückkommen.

Die ruhigen Zeiten für Seiches fallen auch mit ruhigem Gang des Barometers zusammen, wie die Zeit vom 24.—30. Mai, wo das Barometer in 7 Tagen langsam um 12 mm fällt, dann die Zeit der Limnimeterbeobachtungen in Stock vom 20. bis 27. September, in welche Zeit ruhiges, klares Wetter mit ziemlich konstantem Barometerstande fällt, und die oben besprochene Zeit vom 23. Oktober bis 2. November.

Verfolgen wir nun das Verhalten des Barometers in dem genauen Zeitpunkte des Entstehens neuer Denivellationen und zunächst nur solcher von mehr als 20 mm Amplitude, so **finden wir in 148 von 161 berücksichtigten Fällen ein Zusammenfallen einer plötzlichen Zunahme des Luftdruckes mit einer neu auftretenden Seespiegelschwankung.** Die Barometerkurve weist bei grossen Denivellationen ein fast senkrechtes Ansteigen, bei kleineren eine Spitze nach unten auf. Über 90% der grösseren Seeschwankungen haben darnach ihre Ursache in über den See weg gehenden Gewitterböen, welche sich in den Barogrammen durch Druckstufen anzeigen, wozu auch die Form der sogenannten Gewitternasen gehört. Diese Böen können aber auch ohne elektrische Entladungen auftreten.

Das Diagramm des Seebrucker Barometers vom 4. bis 7. September sei (auf Tafel II Fig. 25) als Beispiel angeführt, wie 8 von den 9 auftretenden grösseren Seespiegelschwankungen mit solchen plötzlichen Drucksteigerungen zusammenfallen. (Der Pfeil bedeutet den Zeitpunkt einer neu auftretenden Denivellation und die beigeschriebene Zahl die Amplitude in Millimeter). Auch die Grösse der Luftdruckzunahme steht zu der Grösse der Denivel-

lationen in Beziehung. (Der 9. Fall vom 6. September 10^{13} soll später ausdrücklich als erzeugt durch rasche Abnahme des Luftdruckes besprochen werden.)

Um den täglichen Gang dieser plötzlichen Luftdrucksteigerungen mit dem Gange der täglichen Summen der neuerzeugten Amplituden (der Tabelle auf S. 79) für längere Zeiträume übersichtlich vergleichen zu können, seien einmal die mit 8 dividierten Zahlen der Tabelle in einer Kurve dargestellt, deren Abscisse die Zeit ist (1 Tag = 2 mm). Vgl. Tafel II Fig. 26a und b. Darunter steht die Kurve der pro Tag gemessenen Luftdrucksteigerungen, dividiert mit 2 und umgerechnet in den Stand in Wasser (mit 14 vermehrt). Die Kurven zeigen, wie sofort zu ersehen ist, parallellen Gang. Jedem grösseren Zacken der täglichen Amplitudensumme entspricht ein solcher der plötzlichen Luftdruckzunahmen. Nur bei ruhigem See (bei Schwankungen unter 20 mm) zeigt die Kurve der Luftdruckschwankungen keine Druckänderungen, weil die geringe Empfindlichkeit der Barometer die entsprechenden Druckänderungen nicht mehr erkennen liess. (Gemessen wurden nur die Luftdruckzunahmen, welche innerhalb 20 Min., der halben Periodendauer der 43 Min.-Seiche, erfolgten, wofür der Grund uns später klar wird.)

Im folgenden sollen nun 4 grosse Denivellationen an der Hand der genauen metereologischen Beobachtungen verfolgt werden, um einen Einblick in die Art und Weise der Einwirkung solcher Böen auf den Chiemsee zu erhalten.

5. Die Entstehung 4 grosser Denivellationen durch Gewitterböen.

Die Zeit des Beginnes, die Dauer und die Grösse der Störung sei für die Limnimeter und Barometer in folgender kleinen Tabelle zusammengestellt.

1. Denivellation vom 2. Juli 7^{20}.

Registrierungen der Instrumente.

Instrument	Beginn	Dauer	Grösse in „mm Wasser“	erzeugte Schwingungen
Schafw. Limn.	7^{20}	6 m	— 5 mm	ausgezackt
„ „	7^{26}	10 m	— 28 mm	
„ „	7^{36}	15 m	+ 81 mm	
Seebr. Limn.	7^{20}	12 m	+ 14 mm	29; 16; 11; 8; 5
Prien Bar.	7^{20}	10 m	+ 20 mm	
Seebr. Bar.	7 ?	10 m	+ 20 mm	

Gewittermeldungen (Eintritt der Böe und Wind):
Rosenheim 6^{50}, SW 6; Söllhuben 7^{15}, W 3; Pittenhart 7^{20}, W 2; Traunstein 7^{37}, W 6.
Zug-Richtung: Rosenheim-Chiemsee-Traunstein.
Zug-Geschwindigkeit: 50 km pro Stunde.

Beim Herannahen des Gewitters an den See, kommt die nord-südlich gerichtete Front zuerst an die Schafwaschener Bucht. Das Limnimeter zeigt in dem Zeitpunkte ein Ebben des Wassers um 5 mm innerhalb 6 Min. Diese Denivellation ist sehr wahrscheinlich der kleinen Luftdrucksteigerung zuzuschreiben, welche dem steilen Gradienten fast immer vorausgeht und die nur von sehr empfindlichen Barometern registriert wird.[1]) Auch der vorauseilende Wind scheint beteiligt zu sein, wie die charakteristischen Zacken des Limnogrammes anzeigen.

Nach Verlauf von 6 Min.; also um 7^{26} fällt das Wasser stark und zwar in 10 Min. um weitere 28 mm. Dieses Ebben bewirkt der steile Gradient der Böe. Innerhalb dieser 10 Min. ist die Front des Gewitters um ungefähr 8 km weiter gewandert (gemäss der Zuggeschwindigkeit 50 . 10 : 60 km) und befindet sich in der Höhe von Feldwies, während das Ende noch in Schafwaschen ist.

In den nächsten 15 Min. bewegt sich zunächst das Ende des Gradienten von Schafwaschen weg, so dass derselbe mit seinem steilsten Teile auf dem mittleren Schwingungsbauch der 29 Min.-Seiche lastet. Das Seewasser wird dementsprechend nach Schafwaschen zurückgedrängt. Der Gradient bedeckt aber dabei allmählich die ganze Osthälfte der 43 Min.-Seiche, welche ebenfalls mit Steigen im Westen einsetzen muss. Das Limnimeter registriert auch ein Steigen von 81 mm und zeichnet den 1. Kurvenzug der Interferenzkurve der 43 und 29 Min.-Seiche.

Wir haben nun die Grösse der Einwirkung aus dem Gradienten zu erklären. Die maximale Denivellation beträgt in Schafwaschen 92 mm. Da die Grund- und Oberschwingung der dikroten Schwingung, wie aus der Form ersichtlich, ungefähr gleiche Amplitude haben, so entfällt auf die 43 Min.-Seiche eine Schwingungsweite von $^{92}/_{2}$ = 46 mm. Die Niveaudifferenz Schafwaschen-Seebruck beträgt dabei (46 : 2 + $^{1}/_{6}$. 23) mm = 27 mm, welche also erklärt werden muss.

Die Zunahme des Luftdruckes beträgt ungefähr $1^{1}/_{2}$ mm Quecksilber, ungefähr 20 mm Wasser. Nun wirkt eine plötzliche Luftdrucksteigerung über der einen Seehälfte nicht statisch, sondern dynamisch[2]) d. h. das Wasser stellt sich nicht in der Gleichgewichtslage ein, die dem Überdruck entspricht, sondern bewegt sich infolge der kinetischen Energie um den gleichen Betrag über die Gleichgewichtslage hinaus, so dass durch die Druckstufe allein eine Niveaudifferenz von 40 mm gegen 27 mm erklärt wäre.

Die Wirkung ist aber nicht vollständig dynamisch. Einmal dauert die Einwirkung nicht genau $^{43}/_{2}$ Min., wie die Theorie verlangt, und ausserdem bedeckt der Gradient einen Streifen von 8 km; durch die Dauer der Einwirkung von nur rund 15 Min.

[1]) Vgl. Hann, Lehrbuch der Metereologie. S. 640, Fig. 89 und 90.
[2]) P. Du Bois, essai théorique des seiches Arch.-Gen. S. 649.

wird die durch den Überdruck auf der Westhälfte erzeugte Wasserbewegung gegen die Osthälfte bei dem frühzeitigen Druck auf letztere teilweise wieder zerstört, so dass die geringere Wirkung von nur 27 mm verständlich wird.

Die Wirkung des Windes scheint darnach gegen diejenige des Luftdruckes gering zu sein, obwohl Rosenheim und Traunstein übereinstimmend Windstärke 6 melden. Die Denivellationswirkung des Westwindes fällt zwar mit der des Luftdruckes zusammen, so dass beide nicht unterschieden werden können. Aber das verstärkte Steigen des Wassers in Schafwaschen um 2 . 27 mm + 27 mm erfolgt der Wirkung des Windes entgegen, so dass diese 27 mm auf alleinige Wirkung des Luftdruckes kommen. Auf die geringe Wirkung des Windes am Chiemsee werden wir später zurückkommen.

2. Denivellation vom 17. Juli $2^{\underline{00}}$.

Registrierungen der Instrumente:

Instrument	Beginn	Grösse	Dauer	Erzeugte Schwingungen
Schafw. Limn.	$2^{\underline{00}}$	— 22 mm	20 m	43 rein
	$2^{\underline{22}}$	+ 30 mm	20 m	
Seebr. Limn.	$2^{\underline{10}}$	+ 14 mm	5 m	
	$2^{\underline{15}}$	— 33 mm	5 m	11;
Prien Bar.	$2^{\underline{00}}$	+ 14 mm	25 m	
	$2^{\underline{25}}$	+ 14 mm	2 h	
Seebr. Bar.	$2^{\underline{10}}$	+ 14 mm	20 m	
	$2^{\underline{30}}$	+ 28 mm	3 h	

Gewittermeldungen: Rosenheim $1^{\underline{30}}$ SW 6; Traunwalchen $2^{\underline{17}}$ $W^{6}/_{8}$; Traunstein $2^{\underline{03}}$ SW 6; Surberg (Norden) 2^{30} W 4.
Zugrichtung: Rosenheim-Chiemsee-Wagingersee.
Zug-Geschwindigkeit: 42 km pro Stunde.

Da der steile Teil des Gradienten ungefähr 20 Min. braucht, um über einen Ort wegzugehen, so bedeckt derselbe entsprechend der Wanderungsgeschwindigkeit eine Breite von $^{12}/_{60}$. 20 km = 14 km. Während also das Ende noch in Schafwaschen war, war die Front bei der etwas süd-westlichen Zugrichtung in Arlaching, so dass die steile Druckstufe den ganzen See bedeckte. Wir dürfen daher nur den halben Gradienten = $^{14}/_{2}$ mm bei der Einwirkung auf das Seewasser in Betracht ziehen. Die Zeit der Einwirkung nun kommt der halben Dauer der 43 Min.-Seiche sehr nahe, so dass die Wirkung des halben Gradienten dynamisch genommen werden darf, womit eine Niveaudifferenz des Wassers von 2 × 7 mm = 14 mm Schafwaschen-Seebruck erklärt wäre. Den Rest von 12 mm ($22 + ^{1}/_{6}$. 22 = 26 mm) dürfen wir auf die Wirkung des starken Windes nehmen. Bernau meldet nach der H. Wild'schen Windfahne SW 6, liegt aber nicht im Centrum, so dass die Meldung von Traunwalchen $W^{6}/_{8}$ auch über dem See zu nehmen wäre. Diese

Annahme der denivellierenden Wirkung des Windes wird durch das Schafwaschener Limnogramm bestätigt. Nach 20 Min. steigt nämlich dort das Wasser nicht um 2 × 22 mm, sondern nur um 2 (22—7) mm = 30 mm. Der fast 2 Stunden anhaltende Wind ebbt also das Wasser in Schafwaschen um 7 mm.

Diese durch die metereologischen Aufzeichnungen gut erklärte Denivellation ist noch deshalb von Interesse, weil sie zu den wenigen zählt, welche eine reine 43 Min.-Seiche auslösen. Die Dauer der Wirkung des steilen Gradienten auf den See ist 20 bis 25 Min., also nahe gleich der Hälfte der Periodendauer unserer Hauptschwingung und wir dürften nicht fehlgehen, wenn wir eben darin die Erklärung für die Entstehung der reinen 43 Min.-Seiche suchen.

3. Denivellation vom 8. August $6^{\underline{57}}$.

Die Registrierungen der Instrumente:

Instrument	Beginn	Grösse	Dauer	Erzeugte Schwingungen
Schafw. Limn.	$6^{\underline{57}}$	— 20 mm	13 m	Zacken
	$7^{\underline{10}}$	— 100 mm	11 m	
	$7^{\underline{21}}$	+ 300 mm	17 m	43 u. 29
Seebr. Limn.	$7^{\underline{00}}$	+ 100 mm	9 m	16; 11; 8
	$7^{\underline{09}}$	— 300 mm		
Feldw. Limn.	$7^{\underline{00}}$	+ 54 mm	14 m	16; 12; 8
Prien Bar.	$7^{\underline{00}}$	+ 40 mm	10 m	
Seebr. Bar.	$7^{\underline{00}}$	+ 40 mm	10 m	

Gewittermeldungen: Rosenheim $6^{\underline{44}}$ SW 8; Söllhuben W5 $6^{\underline{50}}$; Endorf $W^{6}/_{8}$ $7^{\underline{41}}$; Weisham $6^{\underline{50}}$ W 8; Fraueninsel W8 $6^{\underline{50}}$; Bernau $7^{\underline{05}}$ Orkan; Traunstein $7^{\underline{10}}$ W 6; Traunwalchen $7^{\underline{14}}$ W 10; Waging $7^{\underline{20}}$ W 8; Anger $7^{\underline{20}}$ $W^{6}/_{9}$; Laufen $7^{\underline{40}}$ W 8.
Zug-Richtung: W-E; Centrum Chiemsee.
Zug-Geschwindigkeit: 75 km pro Stunde.

Durch gleichzeitige Beobachtungen mit dem sehr empfindlichen Aneroid in Felden ergibt sich eine genaue Korrektur der beiden Barometer und zwar bei dem Priener Barometer + 1,05 und bei dem Seebrucker + 0,45 mm Quecksilber. Zugleich konnte der Verfasser W 8 bestimmen.

Nachdem wir die Art der Einwirkung an den vorausgehenden Beispielen bereits besprochen haben, können wir uns hier auf die Erklärung der Grösse dieser Denivellation beschränken. Dieselbe ist die grösste am Chiemsee erhaltene Schwankung.

Die grösste Wasserstandsschwankung beträgt 300 mm, und da die Schwingung dikrot ist, so kommt auf die 43 Min.-Seiche eine grösste Amplitude von 150 mm. Die Niveaudifferenz in dem Momente einer Ausschwingung Schafwaschen-Seebruck beträgt 150:2 | $^{1}/_{6}$. 75 mm = 87 mm. Wäre die Wirkung rein dynamisch zu nehmen, so wäre eine Denivellation von 2.3 mm Quecksilber = 81 mm Wasser erklärt. Gemäss der Zuggeschwindigkeit wird aber der nach ungefähr 15 Min. auf der Osthälfte lastende Druck einen Teil der Wirkung aufheben, dabei aber

auch mit erhöhtem Drucke das Wasser gegen die Westhälfte zurück drängen. Auch dem orkanartigen Winde wird eine Denivellationswirkung zuzuschreiben sein, doch bleibt dieselbe auch hier unter der des Luftdruckes. Es ist also auch die grösste am Chiemsee gemessene Seeschwankung von 300 mm trotz der geringen Seebreite in der Zugrichtung der Böen durch die Wirkung des steilen Gradienten im Vereine mit dem denselben begleitenden Winde zu erklären.

4. Denivellation vom 5. September $7^{\underline{00}}$.

Registrierungen der Instrumente:

Instrument	Beginn	Grösse	Dauer	Erzeugte Seiches
Schafw. Limn.	7^{00}	— 54 mm	34 m	dikrot, mehr 43
	$7^{\overline{34}}$	+ 84 mm	17 m	
Seebr. Limn.	$7^{\overline{05}}$	+ 20 mm	32 m	16; 11
	$7^{\overline{39}}$	— 45 mm	8 m	
Mühl. Limn.	$7^{\overline{04}}$?	— 15 mm	35 m	29; 16
Prien Bar.	$7^{\overline{00}}$	40 mm	40 m	
Seebr. Bar.	$7^{\overline{00}}$	40 mm	40 m	
Traunst. Bar.	$7^{\overline{30}}$	40 mm	34 m	
Windfahne	$7^{\underline{05}}$	W 8	80 m	

Gewittermeldungen: **Keine.**
Zugrichtung: Chiemsee-Traunstein.
Zuggeschwindigkeit: 40 km pro Stunde.
(Nach persönlicher Beobachtung des Verfassers.)

Diese Denivellation sei noch besprochen, weil sie eine der grössten ist, bei welcher keine elektrischen Entladungen stattfanden, wie aus dem Fehlen der Gewittermeldungen und den persönlichen Beobachtungen des Verfassers bekannt wurde.

Der Gradient betrug gleichfalls 3 mm Quecksilber, wie bei der vorausgehenden Gewitterböe. Derselbe ging aber in 36 Min. über Traunstein hinweg, welche Beobachtung auch mit den Aufzeichnungen der registrierenden Barometer für den Chiemsee angenommen werden darf. Aus der Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 40 km pro Stunde und der Dauer von rund 36 Min., berechnet sich eine Breite von 24 km für die Druckstufe. Auf die Seebreite von ungefähr 15 km kommt dann ein Druckunterschied von ungefähr 25 mm Wasser. Die Niveaudifferenz der Enden der Hauptachse betrug $(54 + {}^1/_6 . 54)$ mm = 63 mm. Bei rein dynamischer Wirkung wäre durch den Gradienten eine Niveaudifferenz von 2 . 25 mm — 50 mm erklärt. Die Wirkung ist aber wegen der langen Dauer von 36 Min. mehr statisch zu nehmen, so dass rund 35 mm auf die Wirkung des Gradienten zu nehmen wären. Da ${}^1/_3$ der Denivellation auf Rechnung der 29 Min.-Seiche zu setzen ist (gemäss der Form der Schwingung), so ist nur eine Denivellation von ungefähr 15 mm nicht erklärt. Diese

darf dem Winde (W8) zugeschrieben werden, was wieder daraus zu ersehen ist, dass die Kurve in Schafwaschen nicht um 2 . 54 mm, sondern um 2 (54—13) mm = 82 mm steigt. Der Weststurm dauert länger an und das Mittelniveau bleibt auch 13 mm unter der Gleichgewichtslage, bis der Wind nach 3 Stunden nachlässt. Das Wasser geht langsam zum eigentlichen Niveau zurück.

So konnten noch 28 grosse Denivellationen an der Hand der metereologischen Aufzeichnungen verfolgt werden und gaben nicht nur ein zeitliches Übereinstimmen der metereologischen Störungen, sondern auch eine befriedigende Erklärung der Grösse der Denivellationen. Dabei ergab sich in allen Fällen die Einwirkung der Luftdruckzunahme überwiegend gegenüber der des Windes.

Auf Grund der Betrachtung obiger 4 Fälle können wir einsehen, dass der Grösse der gemessenen Luftdruckschwankung allein nicht immer eine entsprechende Wasserstandsschwankung entspricht, sondern dass die Zuggeschwindigkeit der Böe, wie die Dauer der Einwirkung die Grösse der Denivellation wesentlich bedingen. Wir haben somit eine Erklärung dafür, dass die beiden gezeichneten Kurven auch bei Vermessung eines empfindlicheren Registrierbarometers ohne Berücksichtigung der beiden erwähnten Faktoren nie ganz parallelen Gang aufweisen können.

Wir haben in den obigen Fällen nur die Entstehung der 43 Min.-Seiche verfolgt. Ganz entsprechend könnte die Entstehung der 29 Min.-Seiche verfolgt werden. Nur müsste die gefundene eigentümliche Schwingungsunterteilung berücksichtigt werden. Die 29 Min.-Seiche wird nämlich nie durch eine Niveaudifferenz Stock-Schafwaschen ausgelöst, sondern nur durch eine solche Stock-Chieming. Dies erhellt daraus, dass diese Schwingung in Schafwaschen in allen Fällen, ob sie rein oder in dikroter Schwingung auftritt, mit Steigen in Schafwaschen einsetzt. Diese Beobachtung bestätigt ausserdem die Annahme, dass die 29 Min.-Seiche eine Eigenschwingung des Beckens Stock-Chieming ist und ihren Schwingungszustand dem Aiterbachwinkel nur aufzwingt.

6. Einwirkung rascher Luftdruckminderungen auf den See.

Wir haben bis jetzt nur die rasche Luftdruckzunahme als Seiches erregend erkannt. Es werden aber auch rasche Druckminderungen über der einen Seehälfte auftreten und daher Denivellationen erzeugen, welche Seiches zur Folge haben können. So geht jeder Böe voran ein starkes Fallen des Barometers. Dasselbe erfolgt aber so langsam, dass bei der geringen Seebreite kein merklicher Luftdruckunterschied entsteht. Vor jedem Gewitter treten nun doch kleinere Seespiegelschwankungen auf und es wäre möglich, dass diese infolge der raschen Abnahme des Luftdruckes entstünden. Dagegen spricht

nun vor allem der Umstand, dass diese Seeschwankungen in Schafwaschen mit Fallen einsetzen und nicht mit Steigen, wie es die jeder Böe vorausgehende Depression verlangen würde, welche bei allen Westgewittern, wie es die behandelten sind, von West nach Ost fortschreitet. Eine Beobachtung vor dem Gewitter des 8. August $7^{\underline{00}}$, (schon erwähnt S. 85), gibt dafür die Erklärung. Die Ablesungen an dem sehr empfindlichen Aneroid ergaben kein gleichmässiges Abnehmen des Luftdruckes, sondern innerhalb der 2 stündigen Beobachtung traten 4 mal dazwischen rasche Zunahmen des Luftdruckes innerhalb 10 bis 20 Min. auf. Die grösste von 0,3 mm Quecksilber deckt sich zeitlich mit der in Schafwaschen auftretenden Seiche von 43 Min. Dauer und 4 mm Amplitude. Diese Seiches dürften also ebenfalls durch rasche Luftdrucksteigerungen erklärt sein. Empfindliche Registrierbarometer zeigen auch solche kleine kurzdauernde Stufen bei Fallen an (vgl. die Diagramme im Lehrbuch von Hann, S. 671 Barogramm von Wien 25./26. August 1890).

Auf ein plötzliches Steigen des Barometers folgt gewöhnlich bei Gewitterböen ein rasches Abnehmen. (Die beiden Barometer waren aber zu unempfindlich, um dasselbe deutlich anzuzeigen.) Auch dieses Fallen erfolgt so langsam, dass kein wirksamerer Druckunterschied über dem See entstehen kann. Beim Léman zieht P. Du Bois bei der Erklärung der excessiven Schwankungen des Sees auch diese auf die Druckstufe folgende Druckminderung in Betracht und mit Recht, da die Ausdehnung des Léman 6 mal so gross ist als die des Chiemsees und die Dauer der Hauptschwingung 73 Min. beträgt, so dass auch bei grosser örtlicher Breite der Druckminderung für den See ein Druckunterschied entsteht, und auch ein langsames Fallen im Takte der Hauptschwingung erfolgen kann.

Nur bei stark böigem Wetter, wie es in den Tagen des 5. und 6. September am See herrschte, kommt auch ein so rasches Fallen des Barometers vor, das auch kräftige Seespiegelschwankungen erzeugen kann. Die rasche Druckabnahme am 6. September 10^{10} a. m., um fast 1 mm in rund 20 Min., verstärkte die herrschende Amplitude der dikroten Schwingungen um 67 mm, welche Amplitude durch Steigen beginnt (vgl. Barometerdiagramm Tafel II Fig. 25). Auffällig ist, dass die auf den gleichen Tag fallende stärkste Druckabnahme des Jahres um 3 mm in 1 Stunde (6. September $3^{\underline{20}}$) im Schafwaschener Limnogramm durch keine Änderung der herrschenden Schwingungen sich anzeigt, sondern nur Oberschwingungen erzeugte. Ausser obigem Falle konnten noch 6 weitere Fälle an der Hand der Barogramme und Limnogramme gefunden werden, wo Seeschwankungen über 20 mm auf die besprochene Weise ausgelöst wurden, so dass die Denivellationen dieser Art nur 5% sämtlicher (161) über 20 mm betragenden Seeschwankungen ausmachen.

7. Denivellationswirkung des Windes am Chiemsee.

Allgemeines. Es ist eine allbekannte Tatsache, dass an flach verlaufenden Meeresküsten der gegen das Ufer gerichtete Wind das Wasser anstaut und heftiger Sturm eine Überschwemmung weiter Gebiete zur Folge hat. Aber auch an Binnenseen ist die gleiche Erscheinung schon lange bekannt. So staut heftiger ENE oder WSW im Asowschen Meere das Wasser bis 4 m an.[1]) Ferner hat E. v. Cholnoky[2]) nachgewiesen, dass die excessiven Schwankungen an den beiden Enden des Plattensees Keszthely und Kenese im Betrage von mehreren Dezimetern von der Stauwirkung der Winde herrühren.

Wie nun der Wind, der eine fast vollkommen horizontale Bewegung der Luft ist, vertikale Wasserstandsänderungen von solchem Betrage hervorbringen kann, wird von den einen durch Reibung des Luftstromes an der Wasseroberfläche erklärt, wodurch eine Schicht an der Oberfläche mitgerissen wird, von anderen durch Winddruck auf die (durch Reibung) erzeugten Wellenberge und von dritten durch Wassertransport gegen die Leeseite infolge Überstürzens der Wellenkämme. Tatsache ist, dass wahrscheinlich infolge aller drei Ursachen eine Wasserschicht von bestimmter Tiefe eine Bewegung mit dem Winde mitmacht, sodass das Wasser an der Leeseite angehäuft wird, während es an der Luvseite um einen entsprechenden Betrag sinkt.

Durch die angehäufte Wassermasse ist nun an der Leeseite ein Überdruck vorhanden, welcher den sogenannten Gegenstrom, am Meere Sog genannt, auslöst. Dieser besteht darin, dass das Wasser unter der Oberflächenschicht von bestimmter Dicke sich entgegen dem Winde bewegt und den Druckunterschied gegen die Luvseite auszugleichen sucht. Dieser Gegenstrom hängt nun sehr von der Tiefe der Seeteile ab. Ist die Tiefe gering, so wird fast die ganze Wasserschicht bis zum Grunde mit dem Winde sich bewegen und erhöhter Druck an der Leeseite ist notwendig, um eine Ausgleichsströmung gegen die Reibung am Boden und die entgegengesetzte Wasserbewegung der Oberflächenschicht auszulösen. Haben dagegen die Seestellen genügende Tiefe, so kann sich schon bei geringer Stauhöhe der Gegenstrom in bestimmter Tiefe unter der Oberflächenschicht entwickeln und hat nur die innere Reibung der Flüssigkeit zu überwinden, wenn er nicht bis zum Grunde reicht.

Stauwirkung des Windes am Chiemsee. Um nun eine Vorstellung von der Grösse der Stauwirkung des Windes an den einzelnen Seestellen des Chiemsees zu erhalten, seien in folgender Tabelle neben der Zeit und der Windstärke die Stauwirkung des Windes der einzelnen Stationen mit den entsprechenden Zeichen in „mm“ angegeben. (Die Windangaben stammen entweder von der registrierenden Windfahne oder den Aufzeichnungen der

[1]) C. O. Krümmel, Oceanographie S. 303, Stuttgart 1887.
[2]) E. v. Cholnoky, Plattensee III S. 304, Wien 1897.

Station Bernau oder persönlicher Beobachtung und Messung oder den Gewitterkarten. (Gleichzeitige Angaben dienten zur Controlle).

Stauwirkung des Windes am Chiemsee.

Zeit	Wind	In Schafwaschen	In Seebruck	An den Stationen des transp. L.
11. Juli 7^{00}	W6	— 18	— 10	—
„ 9^{00}	W8	— 24	— 20	—
11. „ 2^{00}	W4	— 10	— 8	Feldwies
27. „ 7^{27}	W4			+ 5
28. „ 4^{20}	W5			+ 15
28. „ 7^{00}	SW4			+ 4
31. „ 6^{42}	$W^{5}/_{6}$			+ 27
5. Aug. 11^{59}	NW4			+ 28
7. „ 3^{22}	NW4			+ 30
8. „ 7^{10}	$W^{8}/_{9}$			+ 54
13. Sept. 2^{00}	SW4	0	+ 2	0 Mühlen
12. „ 12^{30}	SW8	0	+ 7	0 „
17. „ 9^{00}	W4	— 3	0	0 „
20. „ 11^{19}	NE3	+ 1	0	0 „
22. „ 5^{30}	ENE5	+ 3	— 2	+ 6 Stock
29. „ 11^{00}	ENE6	+ 5	— 3	+ 30 Gstadt
8. Okt. 2^{00}	ENE4	+ 3	— 1	— 5 Arlaching
14. „ 10^{43}	$W^{5}/_{6}$	— 12	— 8	+ 20 „
17. „ 3^{00}	SW6	0	+ 6	+ 20 „
21. „ 5^{00}	W5	— 10	— 8	+ 25 „
21. „ 2^{00}	S5	+ 2	+ 7	+ 2 „

Aus dieser Zusammenstellung ersehen wir, dass der Wind auch am Chiemsee je nach seiner Stärke und Richtung Denivellationen hervorbringt. Die Wirkungen sind aber im Vergleich zu anderen Seen gering, obwohl der Chiemsee wegen seiner flachen, freien Ufer (wie wir aus der Einleitung schon wissen), den Winden sehr ausgesetzt ist und Wellenhöhen von 1 Meter auf demselben nicht selten sind. Die grösste Wirkung in Schafwaschen ist ein Ebben des Wassers um 24 mm. Die grösste Stauwirkung tritt in Feldwies mit 54 mm auf. Bei dieser Staugrösse wirken jedoch noch mit den Seiches zusammenhängende Umstände mit, wie wir weiter unten sehen werden. Häufig ist die Wirkung des Windes von der des Luftdruckes nicht zu trennen, (weshalb zwischen dem 17. Juli und 8. August nur die Stauhöhen in Feldwies in der Tabelle stehen).

Dass die Stauhöhen in Stock, Gstadt und Arlaching verhältnismässig gross sind, erklärt sich mit der dort sehr seicht verlaufenden Uferregion. In 50 m Entfernung vom Ufer wurde erst $^{1}/_{2}$ m Wassertiefe gemessen. Die Stauwirkung muss man sich dabei so vorstellen, dass die Stauhöhe mit der Annäherung

an das Ufer rasch zunimmt. Darauf macht auch C. O. Krümmel aufmerksam und erwähnt, dass eine Formel, welche Colding aufgestellt hat und die nur die mittlere Tiefe im Nenner enthält, der Wirklichkeit sehr wenig entspricht, da sie die Beckenverhältnisse und Uferkonfiguration nicht enthält [h = 0,000001526 l w² cos a : p, wobei l die Länge des Beckens in „m" „w" die Windgeschwindigkeit in „m sec $^{-1}$", p die mittlere Tiefe in „m" und a den Winkel der Windrichtung mit der Senkrechten auf der Uferlinie bedeuten.] So ist am Chiemsee die Stauhöhe an den genannten Stellen verhältnismässig gross, obwohl dieser geringe Uferstreifen die mittlere Tiefe wenig beeinflusst. Bei Feldwies ferner, wo bei West- und Nordwestwind die bestrichene Länge klein ist, wird das Wasser in den trichterförmigen Eingang der Bucht geworfen und bringt so verhältnismässig grosse Stauhöhen hervor.

Die Stauhöhen vom 31. Juli, 7. und 8. August rühren aber wahrscheinlich nicht vollständig vom Winde her. Dieselben fallen mit grossen Denivellationen in Schafwaschen zusammen und haben einmal in einem, einmal in 2 Kurvenzügen mit der 43 Min.-Seiche entsprechenden Gang. Dieselben waren auch die Ursache der anormal grossen Amplitude dieser Seiche an der Station, obwohl sie dem Knoten so nahe liegt. Diese erklären sich vielleicht dadurch, dass bei dem plötzlichen Überdruck auf der Westhälfte die Wassermassen mit grosser Gewalt nach Osten gedrängt werden, sich an der Westseite der dem Strome sich entgegenstellenden Halbinsel Achenzipfel anstauen und auch in die Bucht gedrängt werden. Die Vermutung wird einmal bestätigt durch die Form der Staukurven, welche ein fast senkrechtes Ansteigen zeigen und ein ebenso plötzliches Zurückgehen. Dann spricht dafür der Umstand, dass diese Kurvenzüge sich nicht mehr zeigen, wenn die Wasserstandsänderungen bei der 43 Min.-Seiche in genauem Takte erfolgen, weil die strömende Bewegung bei den Seiches, wie wir im nächsten Abschnitt sehen werden, viel zu langsam ist, um eine Stauwirkung hervorzubringen. Auf die allgemeine Form der Staukurven sei auch noch aufmerksam gemacht, vgl. Beispiel Tafel II Fig. 27, welche, wie am Plattensee,[1]) ein langsames oder rasches Ansteigen von der Gleichgewichtslage aufweisen und bei Nachlassen des Windes wieder bis zur Gleichgewichtslage zurückgehen.

Die Frage, warum die Stauhöhen am Chiemsee im Vergleich zu anderen Seen so gering sind, mag hier noch kurz berührt sein. Schuld daran ist wohl einmal die kleine bestrichene Länge im Verhältnis zu anderen Seen, dann besonders die Unregelmässigkeit der Beckenform, da an den Inseln und hauptsächlich Halbinseln Teilstauungen stattfinden werden und endlich die noch hinreichende Tiefe, bei welcher sich der Gegenstrom immer noch rasch entwickeln kann. In der Tat kennen die Fischer diese Rückströmung sehr gut. So wurden dem Fischer in Chieming bei dem starken

[1]) E. v. Cholnoky, Limnologie des Plattensees III S. 38, Fig. 28.

Weststurme im Juni 1901 die Netze innerhalb 3×24 Stunden entgegen der Windrichtung bis in die Höhe von Felden also 10 km weit verschleppt. Sehr gefürchtet ist bei Westwind die Enge zwischen Herreninsel und Urfahren, wo im Kampfe mit der Rückströmung die Wellen sich auftürmen.

Oberströmungen bei Wind. Auch Oberströmungen bringt die Stauwirkung des Windes am Chiemsee hervor. So ist in der Feldwieser Bucht besonders bei Nordwestwind eine kreisförmige Strömung zu beobachten. Da infolge der geringen Tiefe kein Gegenstrom eintreten kann, strömt das Wasser, vom Winde getrieben, längs des Südufers in die Bucht ein, und infolge des Druckes der Staugrösse dem Nordufer der Bucht entlang wieder aus, so dass am Eingang der Bucht in einer Breite von 100 m 2 deutlich entgegengesetzte Strömungen zu erkennen sind.

E. Bayberger berichtet von einer ähnlichen, grossen kreisförmigen Strömung „die nach dem Westwinde bei Chieming entsteht, sich über Seebruck zum Westufer und zur Herreninsel fortsetzt, wo sie abprallt, um wieder zu ihrem Ausgangspunkt zurückzukehren.“[1]) Als Ursache bezeichnet E. Bayberger den Westwind, der das Wasser in der Chieminger Bucht anhäuft, welches nach Aufhören desselben in genannter Richtung abfliesse. Die Strömung, wenn sie existiert, kann in gleicher Weise erklärt werden, wie die der Feldwieser Bucht. Die Chieminger Ausbuchtung hat nun zwar immer noch eine Tiefe zwischen 10 und 20 m, so dass eine Rückströmung eintreten könnte. Aber quer vor der Bucht zieht sich ein Rücken unterseeisch von Süd nach Nord, den auch die E. Bayberger'sche Karte, wenn auch nur schwach, erkennen lässt. Die Fischer aber kennen am Nord- und Südende dieses Rückens je eine Erhebung, von welcher die nördliche, der Kaiserberg genannt, bis 3 m unter Wasser heraufreicht, der südliche, der Grabenstätter Berg, bis 8 m Tiefe sich erhebt. Dieser Rücken kann die Rückströmung hemmen; gegen Norden aber ist eine genügend tiefe Abflussrinne. Dazu ist die Uferkonfiguration der Einleitung einer solchen Strömung sehr günstig. Die Oberflächenströmung stosst unter einem Winkel gegen das Ufer und wird dort reflektiert, besonders wenn der Wind noch etwas süd-westlich ist. Die Erklärung deckt sich mit der von E. Bayberger; nur lässt derselbe die Strömung erst nach dem Westwinde entstehen, während sie bei Westwind entstehen wird, aber bei Nachlassen desselben wahrscheinlich erst beobachtet wurde. Ein Abprallen an der Herreninsel und ein Zurückströmen ist wohl kaum anzunehmen. Das Mühlener Limnimeter müsste entsprechendes Steigen und Fallen anzeigen. Möglich wäre, dass die Rückströmung eine Folge der Seiches ist, welche nach dem Nachlassen des Gewittersturmes den See stets noch beherrschen und

[1]) E. Bayberger. Mitteilungen des V. für Erdkunde in Leipzig 1890 S. 23

trotz ihrer geringen Geschwindigkeit bei ruhigem See beobachtet wurden.

Die Seiches erregende Wirkung des Windes. Nachdem wir die allgemeine denivellierende Wirkung des Windes am Chiemsee kennen gelernt haben, fragen wir uns, wann und wie dadurch Seeschwankungen entstehen können. E. v. Cholnoky kommt, wie schon erwähnt, am Plattensee zu dem Ergebniss, dass plötzliches Nachlassen, noch mehr rasche Richtungsänderungen des Windes Seiches von bedeutender Amplitude auslösen können. Es ist auch leicht einzusehen, dass einseitig angestautes Wasser wie einseitige Luftdrucksteigerung auf das Seewasser wirken muss und Seiches von einer Amplitude[1]) gleich der doppelten Stauhöhe erzeugen können.

In gleicher Weise muss ein rasch sich zu voller Stärke entwickelnder Wind an der Leeseite einen einseitigen Überdruck erzeugen, da der Gegenstrom in so kurzer Zeit sich nicht entwickeln kann.

Ebenso wie plötzliches Aufhören und plötzliches Auftreten des Windes wird auch eine rasche Stärkeänderung und Richtungsänderung Seiches erregend wirken.

Entwickelt sich dagegen ein Wind allmählich zu voller Stärke, so wird, wenn die Stauhöhe eine entsprechende Grösse erlangt hat, der Gegenstrom ebenfalls langsam sich zu voller Stärke entwickeln. Hat der Wind seine volle Stärke erreicht und bleibt er dann konstant, so bildet sich ein stationärer Zustand heraus. Das gleiche ist der Fall bei allmählichem Nachlassen des Windes und des Gegenstromes.

Um nun Seiches, welche nur vom Winde verursacht sind, zu finden, wurden an der Hand der Winddiagramme die Zeitpunkte raschen Wechsels der Windstärke und Richtung ausgesucht und mit den Limnogrammen verglichen. **Indessen wurde kein Beispiel gefunden, wo eine Seichesreihe allein durch Wind erzeugt worden wäre.**

Dieses gerade für den Chiemsee so auffällige Resultat wollen wir zu begründen versuchen. Einmal fällt die Denivellationswirkung plötzlich auftretenden Windes, welche wir schon kennen gelernt haben, mit der Wirkung der Luftdruckänderung zusammen, so dass sie, obwohl sicher vorhanden, nicht unterschieden werden kann, wofür die angeführten 4 grossen Denivellationen als Beispiele dienen. (Kap. 4 S. 82.) Dass bei plötzlichem Nachlassen des Windes keine Seiches erregende Wirkung zu finden war, hat wohl einmal darin seinen Grund, dass die Stauwirkung des Windes am Chiemsee überhaupt gering ist, also auch nur Seiches von geringer Amplitude entstehen können. Ferner sehen wir aus der Tabelle der Stauwirkungen, dass bei der Bogenform der Hauptschwingungsachse kein Wind

[1]) Wobei Amplitude = der doppelten Amplitude der Wellenlehre, welche Bezeichnung wir der Kürze wegen eingeführt haben.

Denivellationswirkung in der Richtung längs der ganzen Achse erzeugen kann. So bringt ein Westwind ein Ebben des Wassers an beiden Enden (in Schafwaschen und Seebruck) hervor und zwar um fast gleiche Beträge. Ein Süd-west erzeugt in Schafwaschen gar keine Denivellation. Endlich nehmen die besprochenen Oberflächenströmungen einen Teil der vom Winde herrührenden Energie auf.

Das Ergebnis wurde oben gerade für den Chiemsee als auffällig bezeichnet. Der Chiemsee gerade ist wegen seiner eigentümlichen Windverhältnisse bekannt, ja gefürchtet. Von ihm behauptet man, dass „er einen kräftigen Ostwind oft in 1 Minute in einen ebensolchen Westwind umschlagen lässt, wobei dann Kreis- und Wirbelströmungen auftreten, welche den See so gefürchtet machen".[1]) Der Verfasser hat sich eben deshalb eingehend mit den Windverhältnissen des Chiemsees beschäftigt. Hier sei nur soviel erwähnt, dass ein Wechsel eines kräftigen Windes der allgemeinen Windrichtung aus den 4 Monate langen Aufzeichnungen der Windfahne innerhalb einer Zeit von weniger als 1 Stunde nicht gefunden werden konnte. Dagegen konnte an Tagen ohne ausgesprochene stärkere Windrichtung oft in 1 Minute ein Umschlag einer schwachen Brise in die entgegengesetzte Richtung beobachtet werden.

Vergleichen wir noch die Windwirkungen am Plattensee mit denjenigen an unserem See, so erklären sich dort die grossen Stauhöhen aus der grossen Länge der vom Wind bestrichenen Achse 77,2 km, welche noch geradlinig verläuft, ferner aus der geringen Tiefe von im Mittel nur 3 m, welche eine Rückströmung behindert. Dass am Plattensee häufig Seeschwankungen von grosser Amplitude durch Wechsel der Windrichtung und Stärke ausgelöst werden können, findet seine Erklärung auch darin, dass ein Ausgleich des angestauten Wassers gemäss der Fortpflanzungsgeschwindigkeit nach der P. Du Bois'schen Formel 6 Stunden braucht, am Chiemsee dagegen nur 21 Minuten. An unserem See kann daher nur diejenige Energie des angestauten Wassers, welche durch eine in wenigen Minuten erfolgte Änderung der Windstärke freigeworden ist, einen gemeinsamen Impuls zu ein und derselben Schwingung geben, während am Plattensee das Nachlassen des Windes auf Stunden sich erstrecken darf. Und in mehreren Stunden findet häufig ein vollständiges Aufhören des Windes und oft ein Umschlagen in die entgegengesetzte Richtung statt.

Einwirkung des Windes auf die Amplituden der Seiches. Nachdem wir die Einwirkung des Windes auf das Seewasser im Vorausgehenden erkannt haben, werden wir jetzt verstehen, warum bei den Vorversuchen mit dem Plemyrameter und Zeigerlimnimeter dem Winde ein grosser Einfluss auf die Seeschwankungen zugeschrieben werden musste. Die Instrumente fanden

[1]) E. Bayberger, Mitt. d. V. für Erdkunde in Leipzig 1890 S. 38.

nämlich immer Aufstellung an seichten Ufern und hier bringt schon eine leichte Brise eine bei diesen empfindlichen Instrumenten messbare Stauwirkung hervor.

Wir konnten früher (S. 49) eine merkliche Verkleinerung der Amplituden der Seiches an seichten Ufern bei gleichzeitiger Stauwirkung des Windes konstatieren. Auch das können wir uns aus dem Vorausgegangenen klar machen. Steigt nämlich das Wasser infolge der Seichesbewegung, so vergrössert sich die Wassertiefe. Da aber einer grösseren Tiefe eine geringere Stauhöhe entspricht, so wird ein der Amplitude entsprechender Betrag von der Stauhöhe sich ausgleichen. Ebenso entspricht einer verringerten Tiefe eine grössere Stauhöhe, weshalb bei Fallen des Wassers infolge einer Schwingung die Stauhöhe um einen entsprechenden Betrag zunehmen muss. Die Amplituden der Seiches müssen darnach schon bei mässigem Winde verkleinert werden. Dies ist auch aus den Limnogrammen in Stock, Gstadt und Arlaching zu ersehen. Bei starkem Winde ist dort die Seichesbewegung überhaupt nicht mehr zu erkennen, sondern eine unregelmässig ausgezackte Kurve ist an Stelle der Schwingungen zu sehen. Nur Schwingungen kurzer Dauer zeigen sich zeitweise.

8. Die an ruhigen, klaren Tagen auftretenden Seiches.

Statistisches. Tatsache ist, dass auch bei ruhigstem Wetter Seiches auftreten, wenn auch von kleiner Amplitude. Da nun die Barometer keine solche Empfindlichkeit besassen, um über die Ursachen derselben Aufschluss geben zu können, so suchen wir durch Zusammenstellung der Seiches nach der Zeit ihrer Entstehung, ob nicht ein Zusammenhang zwischen dem täglichen Gange der metereologischen Verhältnisse und diesen Seiches zu finden ist. Zu diesem Zwecke nehmen wir 30 klare Tage der Monate Juni, Juli, August und September, wie sie in den metereologischen Aufzeichnungen zu finden sind, und messen sämtliche an diesen Tagen neuerzeugten Denivellationen[1]) und ordnen die Amplitudensummen und die Anzahl der Fälle nach der Zeit ihrer Entstehung in Intervallen von 2 Stunden. (Siehe folgende Seite.)

Aus der Zusammenstellung ersehen wir vor allem, dass bei ruhigstem Wetter zu jeder Tageszeit neue Seeschwankungen ausgelöst wurden — deren grösste Einzel-Denivellation 12 mm betrug —. Es ist nun einzusehen, dass auch bei ruhigstem Wetter lokale Barometerschwankungen mit einem Gradienten bis $^1/_2$ mm Quecksilber auftreten können, welcher die grösste vorkommende Amplitude von 12 mm auch noch bei statischer Wirkung erklären würde. Solche Gradienten können vielleicht lokalen Ursprungs sein oder auch fortschreiten ohne weitere atmosphärische Störungen zur Folge zu haben. Da kein so empfindliches Registrierbarometer, welches so kleine Schwankungen noch verzeichnete,

[1]) Das Schafwaschener Limnimeter war während dieser Zeit sehr empfindlich, so dass Schwankungen von 1 bis 2 mm noch gemessen werden konnten.

Tabelle
der an klaren Tagen aufgetretenen Seiches des Chiemsees.

Zeit	Summe der neuerzeugten Ampl. in „mm“	Anzahl der Fälle	Mittlere Denivellation
0 — 2^{00} a. m.	70	12	5,83
2 — 4^{00} „	54	10	5,40
4 — 6^{00} „	64	12	5,33
6^{00}— 8^{00} „	96	17	5,65
8^{00}—10^{00} „	66	14	4,72
10^{00}—12^{00} „	29	5	5,80
12^{00}— 2^{00} p. m.	38	7	5,43
2^{00}— 4^{00} „	27	5	5,40
4^{00}— 6^{00} „	**63**	**11**	5,73
6^{00}— 8^{00} „	32	7	4,57
8^{00}—10^{00} „	64	12	5,33
10^{00}—12^{00} „	**103**	**12**	**8,36**

dem Verfasser zur Verfügung stand, so nahm derselbe einmal an einem klaren Tage Ablesungen an dem sehr empfindlichen Aneroidbarometer vor und erhielt innerhalb 2 Stunden 8 Schwankungen, deren grösste 0,15 mm betrug; doch fügte es der Zufall nicht, dass eine solche Barometerschwankung mit dem Neuauftreten einer Seiche in Schafwaschen zusammenfiel.

Wir verfolgen daher die Einzelheiten unserer Tabelle und finden zunächst, dass am häufigsten zwischen 6^{00} a. m. und 8^{00} a. m. Seiches entstanden sind. An den berücksichtigten Tagen sind an 17 derselben Seiches von der mittleren Amplitude von 5,65 mm erzeugt worden. Die Zeit von 8^{00} bis 10^{00} a. m. steht an zweiter Stelle mit 14 Fällen. Die Zeit von 8^{00} p. m. bis 6^{00} a. m. zeigt sich auch als unruhige Zeit, doch ist zwischen den einzelnen Stunden wenig Unterschied (mit ungefähr 12 Fällen in jedem Zeitintervall). Als die weitaus ruhigste Zeit erweist sich die Zeit zwischen 10^{00} a. m. und 4^{00} p. m. Für diese wohl kaum zufälligen Ergebnisse weis der Verfasser keinen Grund anzugeben.

Sehr auffällig ist die plötzliche Zunahme der Häufigkeit zwischen 4^{00} und 6^{00} p. m. Die Zahl der Fälle nimmt von 5 auf 11 zu und geht in dem nächsten Stundenintervall (6^{00}—8^{00} p. m.) wieder auf 7 zurück. Ist der Grund hiefür vielleicht nicht in dem täglichen Gange der Barometerkurve zu finden, welche in dieser Zeit (4^{00} bis 6^{00} p. m.) ihr zweites Minimum aufweist, das in den Barometerdiagrammen manchmal sehr deutlich verzeichnet ist, so dass die Kurve eine Spitze nach abwärts aufweist. Ein Druckunterschied von 0,2 mm Quecksilber über dem See wäre möglich, besonders wenn der allgemeine Gang des Luftdruckes den Gradienten vergrössert. Dass das 1. Tagesminimum des Barometers zwischen 4^{00} und 6^{00} a. m. nicht so hervortritt in unserer Tabelle, erklärt sich vielleicht daraus, dass dasselbe nicht so tief ist wie das nachmittägige Minimum.

In der Rubrik der mittleren Denivellationen muss der grösste Wert von 8,36 mm zwischen $10^{\underline{00}}$ und 12^{00} nachts auffallen, der von den übrigen Werten von nahe 5,4 so sehr abweicht. Die Ursache für diese Seiches dürften vielleicht in den Luftdruckverhältnissen zu suchen sein, welche den schon (S. 1) erwähnten kräftigen Bergwind bedingen, worauf wir im folgenden näher eingehen wollen.

Der Bergwind am Chiemsee. In den engen Quertälern der bayrischen Alpen, wie im Tale der Prien und der Achen entwickelt sich der Bergwind sehr kräftig.[1]) Den Abschluss des letzteren Tales bildet die grosse Wasserfläche des Chiemsees, wodurch der Bergwind noch verstärkt wird. Da der Nordabhang der Vorberge abends sehr bald beschattet ist, so würde sich hier ohne den Bergwind der Landwind einstellen. Die Flächen gleichen Druckes müssen sich in den oberen Schichten vom See gegen den Fuss der Berge neigen, so dass über dem See gegen die Berge die Luft oben abströmt und so in den unteren Schichten eine Druckdifferenz (von den Bergen gegen den See) erzeugt wird, welche den Landwind von den Bergen gegen den See auslöst. Berg- und Landwind müssen sich so verstärken. So erklärt sich wohl die Tatsache, dass über grösseren Seen, wie dem Gardasee,[2]) Comersee,[2]) Attersee[3]) und unserem Chiemsee, der Bergwind sich manchmal so kräftig ausbildet. An den schönsten Sommermorgen findet man in Seebruck den See in schäumendem Wellengang. Um 11 h nachts hat Übersee oft sturmartigen Südwind, [so dass ihn mit dem letzten Abendzug durchreisende Passagiere für Gewittersturm hielten, wie der Verfasser selbst hören konnte.]

Um den Gang des Luftdruckes vor dem Bergwinde, bei Eintritt und der weiteren Entwickelung desselben zu erhalten, wurde am 26. Juli, der ein vollständig wolkenloser Tag war, von $7^{\underline{15}}$ p. m. bis $9^{\underline{10}}$ p. m. am Südufer beim Limnimeter in Feldwies von 5 zu 5 Minuten Windstärke und Luftdruck notiert. Das Barometer fiel von $7^{\underline{15}}$ bis $8^{\underline{40}}$ von 717,2 mm bis 715,6 mm, der Wind wuchs von S 1 bis $S^{3}/_{4}$. Um $8^{\underline{40}}$ trat plötzlich Windstille ein und der Wind wehte nur mehr stossweise bis zu einer Stärke von S2 in Pausen von 4—6 Minuten. Zugleich begann das Barometer zu steigen und erreichte um $9^{\underline{00}}$ 716,3 mm. Von da ab begann das Barometer wieder langsam zu fallen, um $9^{\underline{10}}$ wurde 716,1 notiert und die Beobachtung des Luftdruckes wegen eingetretener Dunkelheit abgebrochen. Die Windstärke wurde noch bis $10^{\underline{30}}$ notiert, wo dieselbe S 5 erreicht hatte.

Das starke Fallen des Barometers um 1,25 mm war nicht allein lokalem Einflusse zuzuschreiben. Infolge einer am Morgen des 26. über Irland stehenden Depression ging das Barometer

[1]) E. Bayberger, Mitteilungen d. V. für Erdk. zu Leipzig 1890, S. 36.
[2]) J. Hann, Lehrbuch der Metereologie, Leipzig 1901, S. 434.
[3]) J. Hann, Klimatologie I Stuttgart 1897, S. 326.

über Mitteleuropa tagsüber um 1,5 mm zurück und von $6^{\underline{00}}$ p. m. ab weisen die registrierenden Barometer in 8 Stunden einen Rückgang von 1,0 mm auf, so dass auf 4 Stunden 0,5 mm auf allgemeines Fallen des Luftdruckes zu nehmen sind, wobei für lokale Einflüsse 0,75 mm bleiben. Das Barometer fiel also in 85 Min. um ungefähr 0,75 mm und stieg in den darauffolgenden 20 Min. um 0,7 mm. Das Vorarbeiten des Land- resp. Bergwindes gegen den See erfolgt also, wie es scheint, unter solchen Luftdruckschwankungen. Dieser Wind ist nur auf dem Weitsees zu bemerken, in Bernau ist gleichzeitig nur SE 1 zu finden; in Gstadt, Mühlen und Schafwaschen ist er ebenfalls wenig fühlbar. Diese Luftdruckschwankungen erstrecken sich also nur auf den Weitsee, die östliche Schwingungshälfte der 43 Min.-Seiche, während auf dem westlichen Teile der Druck angenähert konstant bleibt.

Gegen oder etwas nach Mitternacht hat sich der Bergwind gewöhnlich bis Seebruck vorgearbeitet (am Beobachtungstage gegen 1^{00}), so dass derselbe zwischen $10^{\underline{00}}$ und $12^{\underline{00}}$ bereits den grössten Teil des Weitsee beherrscht. Diese Luftdruckschwankungen können also als Ursache der zwischen $10^{\underline{00}}$ und $12^{\underline{00}}$ auftretenden kräftigeren Seeschwankungen angesehen werden.

Im Schafwaschener Limnogramme fällt in die Beobabtungszeit bedauerlicher Weise eine Unterbrechung von $8^{\underline{30}}$ bis $10^{\underline{10}}$ (infolge Abreissens des Papierstreifens). Um $10^{\underline{10}}$ (die Störung wurde bemerkt) verläuft das Limnogramm fast eben. Um $11^{\underline{00}}$ setzt eine 43 Min.-Schwingung durch Steigen um 3 mm ein. Das Seebrucker Limnogramm wie das Feldwieser zeigen von $11^{\underline{00}}$ ab kräftigere Oberschwingungen, worauf wir zurückkommen werden.

9. Entstehung der Ober- und Partialschwingungen.

Bei den Vorversuchen hatte die schon besprochene Einwirkung des Windes die Vermutung veranlasst, es könnte vielleicht der Wind bei verschiedener Richtung die einzelnen der vielen Partial- und Oberschwingungen auslösen. Aber ein Vergleich der jeweiligen Windrichtung mit den Limnogrammen überzeugt sofort, dass bei irgend einer Windrichtung jede Schwingungsform zu finden ist, und dass auch bei ruhiger Luft neue Partial- und Oberschwingungen entstehen können.

Bei den Experimenten im künstlichen Seebecken konnten wir schon beobachten, dass mehrere Oberschwingungen mit jeder Hauptschwingung entstehen konnten, wie auch immer dieselben erregt wurden. Dass dies auch im natürlichen Seebecken der Fall ist, können wir aus den Tabellen bei den 4 grossen Denivellationen (S. 82) ersehen. Der Grund hiefür ist wohl nur in der unregelmässigen Gestalt des Sees zu suchen. Bei plötzlicher Luftdruckänderung über einem Teile des Sees wird das Wasser mit verhältnissmässig grosser Geschwindigkeit nach der anderen Seeseite gedrängt. Dabei wird sich das-

selbe an sich vorschiebenden Halbinseln anstauen und in die in der Bewegungsrichtung liegenden Buchten gedrängt. Infolge des hydrostatischen Überdruckes im Vergleich zu gegenüberliegenden Seeteilen kann so eine Partialschwingung in ganz anderer Richtung, als die Ursache wirkt, erzeugt werden.

Bei dem Weggehen eines Gradienten über den See müssen auch Druckunterschiede zwischen kleineren Seeteilen, welche in der Fortschreitungsrichtung liegen, entstehen und dadurch Oberschwingungen auslösen, wobei die natürlichen Knoten, die Einengungen des Beckens, bestimmend mitwirken werden. Ausserdem können auch quer zur Zugrichtung des betreffenden Gradienten Luftdruckunterschiede auftreten. Nehmen wir nur den gewiss möglichen Fall an, dass die Zuggeschwindigkeit der Böen über Wasser verschieden ist, von der über Land, so wird der Gradient, der bei Schafwaschen an den See kommt, gegenüber dem nördlich ziehenden vorauseilen oder zurückbleiben, so dass die Isobaren entsprechend gekrümmt sind, wenn sie über den Weitsee gehen.

Ferner kann ein Gradient nur über einen Teil des Sees ziehen. Eine beliebte Zugstrasse kleinerer Böen ist z. B. der Weg nordwestlich vom Chiemsee über Weissham nach Seebruck, wo dieselben dann noch über den nördlichen Teil des Weitsees gehen. Ein Beispiel hiefür ist die Böe vom 14. August $2^{\underline{00}}$ p. m., welche nach persönlicher Beobachtung des Verfassers diesen Weg einschlug und in Seebruck ein Fallen des Sees um 28 mm bewirkte, wodurch die 16 Min.- und 11 Min.-Seiche erzeugt wurden. Auch südlich des Sees entlang den Vorbergen ziehen viele Gewitter, wobei der Gradient noch über den südlichen Teil des Sees geht. Auch die Einwirkung des Bergwindes gehört hierher. Von $11^{\underline{00}}$ p. m. des Beobachtungstages weist das Limnogramm die 16 Min.- und 11 Min.-Seiche auf. Solange die dort (S. 97) besprochenen Luftdruckschwankungen nur über einen Teil des Weitsees sich erstrecken, können dieselben auch Teil- und Oberschwingungen hervorbringen.

Endlich können nur Oberschwingungen auch von einem über den ganzen See gehenden Gradienten erzeugt werden, wenn die Dauer der Einwirkung desselben nur gering ist. Folgendes Beispiel soll dies bestätigen.

Denivellation vom 27. Juli $10^{\underline{03}}$.

Instrument	Zeit	Grösse	Dauer	Seiches
Schafw. Limn.	10^{03}	—14 mm	10 m	—
Seebr. Limn.	$10^{\overline{07}}$	—28 mm	5 m	16; 7
Feldw. Limn.	$10^{\overline{13}}$	+34 mm	4 m	16; 7
Prien Bar.	$10^{\overline{00}}$	+13,6 mm	5 m	
Seebr. Bar.	$10^{\underline{00}}$	+27 mm	1 h	

Wir haben hier eine Luftdrucksteigerung, welche in kaum 5 Min. erfolgte und 1 mm Quecksilber betrug. Sehr interessant ist die Einwirkung desselben auf das Seewasser. In Schafwaschen beherrschten dikrote Schwingungen von 30 mm Amplitude den See. Die Kurve zeigt nun beim Vorübergang dieses kurz dauernden Gradienten nur einen Einschnitt von 14 mm, ohne dass die Phase und Amplitude der herrschenden Schwingung gestört wurde. Die Limnogramme von Feldwies dagegen und Seebruck weisen eine plötzlich auftretende Oberschwingung von 7 Min. mit einer Amplitude von 30 mm auf. Hiedurch haben wir auch vom See selbst ein Beispiel dafür, dass irgend eine Ursache diejenige Schwingung erzeugt, in deren Takte die Einwirkung erfolgt, was F. A. Forel bei den Experimenten in seiner Wellenrinne schon konstatiert hat.

10. Ursachen der Vibrationen des Chiemsees.

Dieses Kapitel hat nicht den Zweck, eine genaue Erklärung der Entstehung dieser Seiches von so kleiner Dauer zu geben. Einmal müssten die Schwingungen selbst durch Vermehrung der gleichzeitigen Beobachtungspunkte eingehend untersucht werden, dann wären empfindlichere Apparate mit raschem Streifengange notwendig, um metereologische Faktoren von so geringer Dauer zu registrieren. Es seien hier nur die metereologischen Verhältnisse im Zeitpunkte der Entstehung der Vibrationen wiedergegeben, um vielleicht Anhaltspunkte zu einer späteren Erklärung zu geben. Die Untersuchung dieser Erscheinungen erklärt G. H. Darwin[1]) für sehr wichtig, da ähnliche Erscheinungen auch auf dem Meere vorkommen und sich als Zacken der Flutkurve durch die Mareographen anzeigen. Darwin spricht sogar die Vermutung aus, dass diese Erscheinungen zur Vorhersage stürmischen Wetters verwendet werden könnten.

Die Vibrationnen des Chiemsees können wir in 3 Gruppen abteilen und zwar in die Vibrationen: 1.) Bei stürmischem Wetter, 2.) bei ruhigem Wetter, 3.) in die des Dampfers. Vgl. die Kurvenbeispiele auf Tafel II Fig. 22 Fig. 23 und Fig. 27.

Bei stürmischem Wetter sind, wie schon wiederholt erwähnt wurde, die Limnogramme sehr ausgezackt. Die Zacken sind besonders an der Leeseite stark ausgeprägt, dabei aber gewöhnlich sehr unregelmässig (vgl. Tafel II Fig. 27) und auch an der Luvseite zu finden. Hie und da sind sie auch regelmässig. Die Ursache für diese Schwankungen dürfte wohl hauptsächlich in der unregelmässigen Stärke des Sturmes zu suchen sein. Die allbekannte Tatsache, dass jeder Wind mit Unterbrechungen weht, so dass auf ein Nachlassen der Stärke wieder ein Windstoss folgt, lässt sich auch aus den Winddiagrammen erkennen, indem die beschriebenen Kreisbogen ihre

[1]) G. H. Darwin, Ebbe und Flut sowie verwandte Erscheinung des Sonnensystems S. 43.

Grösse wechseln. Diese Zacken entstehen sonach durch die rasche Änderung der Stauhöhe an der Leeseite und vermehrten oder verminderten Ausgleich gegen die Luvseite. Ist die Dauer des Windwechsels entsprechend der einer periodischen Schwankung, so kann auch die betreffende Partial- und Oberschwingung ausgelöst werden. Aus den Limnogrammen konnten nur Schwingungen von kürzerer Dauer und besonders Vibrationen unter den besprochenen Verhältnissen gefunden werden, wohl, weil die Stösse in so kurzer Zeit aufeinanderfolgen. Auch rasche Luftdruckänderungen, welche bei stürmischem Wetter jederzeit beobachtet werden können, sind wohl an der Erzeugung genannter Schwankungen auch beteiligt.

Die Vibrationen bei ruhigem Wetter sind von der gleichen Regelmässigkeit wie die Seiches. Wir stellen zunächst in folgender Tabelle die ausgeprägteren Fälle mit den gleichzeitigen metereologischen Beobachtungen zusammen.

Vibrationen bei ruhigem Wetter.

Zeit	Periodendauer	Amplitude in „mm“	Station	Metereolog. Beobachtungen
10. Juli 7^{30}	3,00	15	Seebruck	Barometerminimum, Calm.
5. Sept. 2^{00} -10^{00}	3,50	4 -10	Seebr. u. Mühlen	Bar. fällt, Wind wechselnd
17. „ 4^{50}	3,00	4—7	Seebr. u. Mühlen	Bar. Minimum, Calm Wolken ci—cu, alt—cu
4. Okt. 2^{00}—10^{00}	2,50	3	Seebr. u. Gstadt	Bar. fällt, NE2, Himmel klar
7. Nov. 2^{00}—10^{00}	3,00	15	Seeb. u. Hagenau	Bar. fällt, NE1; klar
1. Febr. 7^{08}	3,00	14	Seebruck	Bar. Minimum, Calm, Nebel

In diesen ausgeprägteren Fällen also traten die Vibrationen am Chiemsee auf der Vorderseite oder im Centrum einer über den See gehenden Depression auf. In 4 von 6 Fällen war Windstille, in 2 herrschte leichter NE. Sehr wahrscheinlich ist auch die Ursache dieser periodischen Schwankungen in rasch erfolgenden, aber kurz dauernden Luftdruckschwankungen zu suchen. Ob diese Wetterlagen, wie sie sich aus obiger Tabelle ergeben, für die sogenannten Luftwogen günstig sind, wie sie Helmholtz theoretisch nachgewiesen[1]) und Finsterwalder und Sohnke bei einer Ballonfahrt zuerst beobachten konnten[2]), kann ich nicht entscheiden. Beobachtungen mit einer nach der Beschreibung von W. Töpler[3]) hergestellten Drucklibelle trafen nie mit günstigem Wetter für Vibrationen zusammen. Auffallend ist ferner, dass in 5 von den 6 Fällen die Vibrationen zwischen 2^{00} und 10^{00} morgens auftraten.

Die Dampfervibrationen konnten nur in Stock schön erhalten werden. Die Dampferwelle bei der Einfahrt des

[1]) Wied. Ann. 41. 1890.
[2]) Met. Zeitschrift 1894 S. 375 u. 376.
[3]) Wied. Ann. NF 57. 1896. S. 472.

Schiffes beginnt mit Steigen bis 12 mm. Das Schiff fährt in einer Entfernung von 50 m vorbei und in dem Moment kommt die bei dem seichten Ufer sichtbare Welle an. Dieses erste Steigen rührt wohl von der vom Schiffe vor sich hergeschobenen Wassermenge her, welche gegen das Ufer geworfen wird und dann durch seinen hydrostatischen Überdruck die 24—26 Min. dauernde Wellenbewegung auslöst. Diesen Vorgang konnte der Verfasser anlässlich der Kontrolle des Limnimeters in Stock 4 mal verfolgen. Schwieriger ist für die bei der Ausfahrt erzeugten Vibrationen eine Erklärung zu geben. Das Wasser beginnt etwas zu steigen, sobald der Dampfer in die Höhe des Limnimeters kommt, doch nur2 mm, und fällt nach $^1/_2$ Min. und zwar 7 mm. Das erste Steigen hat wohl dieselbe Ursache wie oben. Das rasch darauffolgende Fallen ist wahrscheinlich dadurch veranlasst, dass der Dampfer fast direkt vom Ufer wegfährt, um in einer Entfernung von 200 m zu wenden. Hier die Beeinflussung der Wellenbewegung weiter zu verfolgen, ist nicht möglich. Tatsache ist nur, dass nach diesem Zeitpunkte eine 2. Welle von geringerer Dauer entsteht und sich der 1. aufsetzt.

11. Die Seiches bei vollständiger Eisbedeckung.

Nachdem wir gesehen haben, dass die Hauptursache der periodischen Seeschwankungen des Chiemsees in raschen Luftdruckänderungen resp. Steigerungen zu suchen ist, verstehen wir auch, dass trotz vollständiger Eisbedeckung Seiches auftreten. Die Eisdecke ist nämlich immer noch so nachgiebig, um bei einseitiger Belastung von Seiten des Luftdruckes etwas zu sinken, so dass das Seewasser unter dem Eise diesem Drucke ausweichen und Seeschwankungen auslösen muss. Und eben das Auftreten der Seiches bei Eis beweist, dass Luftdruckschwankungen hauptsächlich dieselben auslösen. Der Wind kann nämlich nicht mehr denivellierend wirken[1]) und doch sind am Chiemsee fast ständig Schwankungen zu finden. Die Schwankungen des Plattensees, von dem allein Beobachtungen der Wasserstandsschwankungen unter Eis vorliegen, sind nur mehr sehr klein gegen die sonstigen. Am Chiemsee erreichen dieselben auch die frühere Grösse, wenn man von den exzessiven Schwankungen absieht, welche eben nur bei kräftigen Luftdruckschwankungen auftraten. Ein Blick auf die Barometerdiagramme überzeugt, dass in der Beobachtungszeit auch keine ähnlichen raschen Luftdrucksteigerungen vorkamen, wie wir sie bei den grossen 4 Denivellationen kennen gelernt haben. (Es fehlen bei Eis nur Seeschwankungen unter 2 mm, woran vielleicht der Widerstand der Eisdecke schuld sein kann. Das Limnimeter wies nämlich keine der Störungen auf).

Dass bei Eis auch Vibrationen zu finden waren, erklärt der

[1]) E. v. Cholnoky, Limnologie des Plattensees III S. 79.

Umstand, dass die Stelle vom Limnimeter bis zur Alzbrücke in einer Breite von 100 m eisfrei war, und diese kurzdauernden Schwankungen nur auf diese Stelle, wie es scheint, beschränkt blieben.

12. Andere mögliche Ursachen der Seiches des Chiemsees.

a) **Platzregen.** Was rasche Luftdrucksteigerungen über der einen Seehälfte, das kann wohl in gleicher Weise eine in entsprechender Zeit auf den einen Seeteil geworfene Wassermasse bei Platzregen bewirken. Von 14 günstigen Fällen, in welchen nach den Aufzeichnungen des registrierenden Regenmessers in Bernau ein Niederschlag von über 2 mm innerhalb 20 Min. erfolgte, fallen sämtliche bis auf einen mit einer kräftigen Luftdrucksteigerung zusammen, so dass die Wirkung des Platzregens von derjenigen anderer Ursachen nicht unterschieden werden kann. In dem einen Fall nur vom 9. Juni $8^{\underline{25}}$ p. m., wo der Regenmesser 7 mm Regenhöhe innerhalb 20 Min. registrierte, scheinen die Verhältnisse für diese Ursache günstig zu liegen. Um $8^{\underline{20}}$ beginnt das Wasser in Schafwaschen zu fallen und zwar in 21 Min. um 38 mm, ohne die oft besprochenen Zacken des Limnogrammes, ein Zeichen dafür, dass kein stärkerer Wind wehte. Das Barometer in Prien (das Seebrucker wurde erst später aufgestellt) weist nur ein allmähliches Steigen auf und zwar in 40 Min. um $^3/_4$ mm Quecksilber. Es fehlt hier auch nur ein Ansatz zu einer Gewitternase. Bernau meldet ein Gewitter mit wolkenbruchartigem Regen. Das Diagramm des Regenmessers registriert einen Regen von gleichmässiger Stärke, der genau 20 Min. dauerte. Nehmen wir hier das Maximum des Fehlers am Priener Barometer — 1 mm Quecksilber, so ist bei vollständiger dynamischer Wirkung nur ein Fallen von 27 mm erklärt, so dass bei Fehlen des Windes eine Mitwirkung dieses wolkenbruchartigen Regens wohl angenommen werden kann.

b) **Anziehung der Wolkenelektrizität.** Am Chiemsee könnte man eine Stütze für die Hypothese der Wasseranziehung durch die Wolkenelektrizität darin erblicken, dass die grössten Schwankungen, wie die Statistik auf S. 76 gezeigt hat, in die Gewittermonate Mai mit September fallen und dass dieselben in ihrer grössten Zahl mit Gewittermeldungen zusammentreffen. Dagegen aber spricht vor allem, dass das Wasser beim Herannahen des Gewitters nicht steigt, wie die Hypothese verlangt, sondern fällt, was auf Wirkung des Gradienten und Windes zu setzen ist. Nun könnten die unregelmässigen Zacken, welche bei der Einleitung einer Seichesreihe fast immer zu finden sind, wie auch Forel anführt,[1]) für die Anziehung der Gewitterelektrizität sprechen.

[1]) Forel, Le Léman II S. 185.

Wir konnten diese Erscheinung aber bereits viel einfacher und natürlicher mit den Stössen des Gewittersturmes erklären. Denn wenn der Sturm fehlt, zeigen sich dieselben auch nicht. (Beispiel oben vom 9. Juni). Forel kann nun bei dem Genfersee den Einwand gegen die Hypothese vorbringen, dass auch ohne elektrische Entladungen, wie in den Spätherbst- und Wintermonaten, Seiches von gleicher Grösse auftreten, was am Chiemsee aber nicht der Fall ist. Dass nun an unserem See nur bei Gewitterböen so bedeutende Seeschwankungen zu verzeichnen sind, hat, wie es scheint, seinen Grund darin, dass Böen ohne elektrische Entladungen keine so steilen Gradienten aufweisen, wenigstens in der Gegend vom Chiemsee nicht, wie solche mit Entladungen. So hat die angeführte Böe vom 5. Sept. $7\underline{00}$ (S. 86) wohl den gleich grossen Gradienten, wie die grösste Gewitterböe des Jahres (vom 8. August $7\underline{00}$), aber dieser Gradient nimmt ungefähr die doppelte Breite des früher besprochenen ein, so dass nur ein Teil desselben am Chiemsee denivellierend wirkt. Am Genfersee dagegen kommt auch ein breiterer Gradient noch voll zur Wirkung, da seine Länge 5 mal so gross ist als die West-Ostbreite des Chiemsees.

Auch die günstige Beobachtuug eines Gewitters bei persönlicher Anwesenheit des Verfassers am See (in Schafwaschen) mag hier noch angefügt sein. Am 19. April $7\underline{05}$ p. m. zog ein Gewitter über Chieming nach dem Weitsee, blieb dort stehen und löste sich auf. Der Verfasser zählte innerhalb 35 Min. 12 Blitze, von denen 4 in den See schlugen. Gerade dieses ruhig stehende Gewitter, bei welchem kein fortschreitender Gradient und kein Wind in Betracht kommt, hätte die anziehende Wirkung der Elektrizität zeigen müssen. Dazu kommt, dass dasselbe fast die ganze Osthälfte der 43 Min.-Seiche bedeckte, so dass die volle Wirkung für die Entstehung der Hauptschwinguug sich hätte zeigen müssen. Bei Annähern des Gewitters nun zeigt das Schafwaschener Limnogramm ein Steigen des Wassers entsprechend dem Fallen bei Westgewitter und löst eine regelmässige 43 Min.-Seiche aus, welche auch in der Zeit, wo das Gewitter über dem Weitsee stand, keine Störung aufweist und regelmässig verläuft.

Die Ergebnisse am Chiemsee lassen also für diese Ursache den Schluss zu, dass die Wirkung desselben, wenn eine solche da ist, unmessbar klein ist.

Der grösste in unseren Breiten vorkommende Gradient ist nach Exner 1000 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$, woraus sich auch eine verschwindend kleine Wirkung berechnet, wie Herr Professor Dr. H. Ebert die Güte hatte mir mitzuteilen.

c) **Erdbeben.** F. A. Forel[1]) und E. von Cholnoky[2]) konnten durch Vergleich der Limnogramme mit dem gemeldeten Erdbeben keine entsprechenden Wasserstandsschwankungen finden. Nun

[1]) Le Léman II S. 206 ff.
[2]) Limnologie des Plattensees III S. 79.

sind wir auf der schwäbisch-bayrischen Hochebene, speziell im Chiemgau, vor Erdbeben besonders sicher. In einer historischen Zusammenstellung der Erdbeben in Bayern von J. Reindl wird vom Chiemgau überhaupt kein Erdbeben berichtet.[1]) Nun wurde in neuester Zeit nachgewiesen, dass ständig minimale Erderschütterungen stattfinden, weshalb G. H. Darwin glaubt, dass viele Seiches ihren Ursprung in diesen minimalen, nur durch die feinsten Instrumente nachweisbaren Erschütterungen des Seebettes hätten.[2]) Grössere Stösse bringen aber, wie De Rossi Forel auf Anfrage mitteilte, nur dasjenige Pendel in Schwingungen, dessen Periodendauer gleich der Dauer des betreffenden Stosses ist oder derselben sehr nahe kommt.[3]) Wir haben nun auch bei den Seichesschwingungen unseres Sees gesehen, dass sie durch diejenige Ursache nur ausgelöst werden, welche in der Einwirkung auf das Seewasser der halben Periodendauer nahe kommen. Diese minimalen Erdstösse erfolgen nun in einem geringen Bruchteil einer Sekunde, so dass die Zeit der Einwirkung auf das Seewasser der mehr als tausendste Teil der halben Schwingungsdauer unserer Hauptschwingungen ist. Wir dürfen daher nicht irren, wenn wir nicht in den auch für unserer Gegend möglichen minimalen Erdstössen die Ursache für die Seiches kleinerer Amplitude suchen, sondern schliessen, dass die gleichen Ursachen, welche die grösseren Seeschwankungen am Chiemsee erzeugt haben, auch die Seiches kleinerer Amplitude verursacht haben werden, wobei sie selbst eben in geringerer Stärke auftraten.[4])

VIII. Mit den Seiches zusammenhängende Erscheinungen am Chiemsee.

1. Strömungen bei gleichgerichteten Schwingungen.

Die periodischen Seeschwankungen eines Sees äussern sich zunächst darin, dass der Wasserstand an dem einen Ende der Schwingungsachse zunimmt, während er am anderen abnimmt und umgekehrt. Es muss daher in der Zwischenzeit d. i. einer

[1]) Belletr. Beilage der Augsburger Abendzeitung Nr. 43. 1903.
[2]) G. H. Darwin, Ebbe und Flut. Leipzig 1902 S. 34.
[3]) Le Léman II S. 208.
[4]) Falls seismische Ereignisse eine Beckenveränderung zur Folge hätten, wäre ein Auslösen von Seiches auch bei der kurzen Einwirkung möglich. Doch sind solche Erschütterungen für unsere Gegend ausgeschlossen.

halben Periodendauer ein Wassertransport von der einen Schwingungshälfte zur anderen stattfinden. Durch den Querschnitt an der Knotenlinie muss die ganze transportierte Wassermasse hindurchgehen und je näher ein Querschnitt des Beckens einem Schwingungsbauche liegt, um so geringer ist die Wassermasse, welche ihn in der gleichen Zeit passiert. Es müssen also im See Strömungen auftreten, welche in der halben Periodendauer ihre Richtung wechseln.

Findet an einer Stelle eine Einengung des Beckens statt, so muss dort eine kräftigere Strömung auftreten, da in der gleichen Zeit dieselbe Wassermenge den Querschnitt durchfliessen muss. An solchen Einengungen des Chiemseebeckens wollen wir diese Strömungen zunächst rechnerisch verfolgen.

Am Eingang in den Aiterbachwinkel: Der Querschnitt am Eingang in den Aiterbachwinkel ist rund 2000 m². Die Fläche des Winkels ergibt sich zu angenähert 1400000 m² (durch Abteilen in kleinste Quadrate in Ermangelung eines Planimeters). Nehmen wir die Oberfläche als schiefe Ebene, — es genügen hier wohl ungefähre Angaben —, so bedeckt bei einer maximalen Amplitude von 150 mm bei der 43 Min.-Seiche, also einer Erhebung von 75 mm über die Gleichgewichtslage, den Aiterbachwinkel eine Wasserschicht, welche am Eingang gemäss des Abstandes vom Wellenberg eine Höhe von $\frac{2}{3} \cdot 75 = 55$ mm und am Ende eine solche von 75 mm hat. Die gleich dicke Schicht von 55 mm enthält eine Wassermenge von $1400000 \cdot 0{,}055$ m³ = 77000 cbm. Die darüberliegende Schicht nehmen wir als Pyramide und erhalten $\frac{28800}{3}$ cbm = 9300 cbm, also im ganzen 86300 cbm. Da das Wasser um den gleichen Betrag auch unter die Gleichgewichtslage sinkt, muss bei der 43 Min.-Seiche $2 \cdot 86300$ cbm = 172600 cbm Wasser obigen Querschnitt in $21^1/_2$ Min. passieren. Hieraus berechnet sich eine Strömungsgeschwindigkeit von ungefähr 4,15 m pro Min. $\left(\frac{172600 \cdot 2}{2000 \cdot 43}\right)$. Dazu kam bei der grössten Schwankung vom August auch die 29 Min.-Seiche mit 150 mm Amplitude, woraus sich entsprechend eine mittlere Geschwindigkeit von 4,24 Meter pro Min. berechnet $\left(\frac{1400000 \cdot 0{,}15 \cdot 2}{3 \cdot 2000 \cdot 29}\right)$. Da beide Strömungen sich addieren können, so erhalten wir als grösste mittlere Strömungsgeschwindigkeit 8,39 m pro Min.

Bei obiger Berechnung ist eine mittlere Amplitudenänderung von $\frac{4a}{T}$ angenommen. In Wirklichkeit wächst dieselbe von 0 bis dem Maximum von $\frac{2a\pi}{T}$, welches beim Durchgang des Wassers durch die Gleichgewichtslage erreicht ist, um dann wieder bis 0 abzunehmen.[1]) In gleicher Weise ändert sich auch die Strömungsgeschwindigkeit, erreicht also beim Durchgang des Wassers durch

[1]) Aus Gleichung 1. S. 12. ergibt sich $\frac{dy}{dt} = \frac{a \cdot 2\pi}{T} \cos 2\pi \frac{t}{T}$;

die Gleichgewichtslage ihr Maximum. Dasselbe berechnet sich, wie oben ersichtlich, einfach durch Multiplikation der mittleren Geschwindigkeit mit $^1/_2\pi = 1{,}57$. Die grösste Geschwindigkeit war also im Beobachtungsjahre ungefähr 13 m pro Min., eine sehr merkliche Strömung für eine ruhende Wassermasse.

Für die mittlere tägliche Maximalschwankung von 20 mm ergibt sich eine mittlere Strömung von ungefähr 0,56 m und ein maximale von 0,88 m pro Minute. Wenn diese Strömung also für gewöhnlich auch schwach ist, so muss sie doch an schwimmenden Gegenständen, an den Fischernetzen, an der Neigung des Schilfes u. dgl. sich zeigen.

Diese Stelle ist in der Tat bei den Anwohnern wegen ihrer Strömungen sehr wohl bekannt und führt eben deshalb den Namen „Rinngang“ · die Fischer des Chiemsees bezeichnen nämlich das Strömen des Seewassers allgemein mit „Rinnen“, wie die am Bodensee[1]) und Starnbergersee[2]) —. Das Wasser ist dort nach übereinstimmenden Angaben nie in Ruhe, „bald strömt es einwärts, bald auswärts, oft so stark, dass das Schilf wie auf einem Flusse vibriert.“ Diese den Anwohnern so rätselhafte Erscheinung ist durch die Seichesbewegung also vollständig erklärt.

Urfahren-Herreninsel. Bei einer mittleren Erhebung von nur 20 mm über der nördlichen Hälfte des Schwingungsbauches der 29 Min.-Seiche bei Stock von rund 4000000 m² berechnet sich auf ähnliche Weise für die Einengung Urfahren-Herreninsel mit einem Querschnitt von ungefähr 1500 m² eine Strömung von 3,56 m pro Minute. Da nun auch die 43 Min.-Seiche, 18 Min.-Seiche, 16 Min.-Seiche und solche geringerer Dauer eine Strömung veranlassen, so kann dieselbe im Mittel zeitweise einen Betrag von ungefähr 15 m pro Minute erreichen und wird dazu häufig ihre Richtung wechseln. Entsprechend kann, wenn die Strömungen, welche von den einzelnen Schwingungen herrühren, sich bei ihrem grössten Werte zufällig addieren, eine Minutengeschwindigkeit von 23 m erreicht werden.

Auch diese Stelle ist den Fischern ebenso bekannt und zwar einmal wegen der kräftigen Rückströmung bei Westwind, wie schon erwähnt, dann besonders auch wegen des Rinnens bei ruhigem Wetter. Auch E. Bayberger berichtet von einer ständigen Strömung nördlich der Herreninsel.[3]) Der Steuermann des Dampfers, der die Stelle täglich 20 mal passiert, kennt die dort ständig ihre Richtung wechselnde Strömung sehr wohl.[4])

[1]) Eb. Graf Zeppelin, die Schwankungen des Bodensees. Zeitschr. d. V. f. Gesch. des Bodensees XII. Lindau 1893.

[2]) S. Günther, Handbuch der Geophysik II S. 459, Stuttgart 1899.

[3]) E. Baybergnr, Mitt. d. V. f. Erdk. in Leipzig 1890 S. 24.

[4]) Wie Herr Direktor Fessler persönlich mir mitzuteilen die Freundlichkeit hatte.

Am Knoten der 43 Min.-Seiche. Durch die Einengung an der Stelle des Knotens der 43 Min.-Seiche von rund 32000 m² Querschnitt muss die ganze Wassermasse hindurchströmen, welche bei der Hauptschwingung in Bewegung ist. Nehmen wir für die Fläche ungefähr 13 qkm und als mittlere Erhebung über das Niveau ungefähr 10 mm, so muss innerhalb 21½ Min. eine Menge von 260000 cbm hindurchströmen, was eine Strömungsgeschwindigkeit von 0,38 m pro Min. $\left(\frac{260\,000 \cdot 2}{32\,000 \cdot 43}\right)$ ergibt. Da der Knoten der 16 Min.-Seiche damit zusammenfällt und auch bei der 29 Min.-Seiche eine grosse Wassermasse diesen Querschnitt passiert, so kann auch hier die Geschwindigkeit zeitweise bis 2 m betragen. Doch konnte der Verfasser über diese Stelle speziell bei den Fischern nichts erfahren.

Strömungen im Weitsee. Bei dem grossen Querschnitt des Beckens (Chieming-Fraueninsel - 343000 m²) können infolge der Seichesbewegung keine merklichen Strömungen stattfinden. Bei der 16 Min.-Seiche bewegen sich z. B. durch den Knoten von einem Querschnitt von ungefähr 100000 m² und einem Flächeninhalt von 24 qkm des nördlichen Schwingungsbauches und einer Amplitude von 20 mm in Seebruck $\left(\frac{2400\,000 \cdot 0{,}02}{2}\right.$, als Keil betrachtet) 24000 cbm in 8 Min., woraus sich eine Geschwindigkeit von 0,03 Meter pro Min. berechnet.

Und doch kommen auch im Weitsee kräftigere Strömungen vor. Abgesehen von der sehr bedeutenden Rückströmung und der besprochenen Oberströmung bei Westwind rinnt das Wasser nach Aussage der Fischer zeitweise sehr merklich. So wurden dem Fischer von Chieming in der Nacht vom 20. auf 21. Juli 1903 seine in nord-südlicher Richtung gesetzten Netze um 1 km südlich gegen die Mündung der Achen geführt. Dieses Rinnen im Weitsee kann seine Ursache wohl nur in den gleichen atmosphärischen Störungen haben, welche die Seiches auslösen. Wie durch plötzliche lokale Luftdruckänderungen das Hin- und Herschwanken einer so gewaltigen Wassermasse bewirkt werden kann, so kann wohl auch zeitweise eine fortschreitende Bewegung eingeleitet werden, welche diese Wirkungen, wie Verschleppen der Fischernetze, hervorbringt. Die Nacht vom 20. auf 21. Juli weist auch wirklich ein Gewitter auf, das über den See ging; die Apparate waren jedoch nicht mehr in Tätigkeit, so dass die Einwirkung nicht weiter verfolgt werden kann.

2. Strömungen der Wassermasse des Weitsees infolge von Längs- und Querseiches.

Bei der Form des Weitsess war die Möglichkeit nicht auszuschliessen, dass neben den einfachen Schwingungen auch elliptische auftreten. In einem kreisförmigen Becken können nämlich, wie ein einfacher Versuch in einem runden Gefäss mit Flüssig-

keit zeigt, ausser Schwingungen längs eines Durchmessers auch kreisförmige erzeugt werden, indem man nacheinander längs zweier Durchmesser die Wassermasse in schwingende Bewegung versetzt. Je nachdem der Phasenunterschied der beiden Schwingungen ein Vielfaches der ganzen oder halben Schwingungsdauer der Einzelschwingungen beträgt, ist die resultierende Schwingung wieder eine einfache längs einer zwischen beiden Durchmessern liegenden Richtung, im anderen Falle entsteht als resultierende Bewegung eine elliptische Schwingung, welche in dem speziellen Falle gleicher Amplituden und eines Phasenunterschiedes von $^1/_4$ der Schwingungsdauer in eine rein kreisförmige übergeht, wie die bekannten Gesetze der Interferenz zweier Wellen mit verschiedener Schwingungsrichtung im einzelnen ergeben.

Bei der 18 Min.-Seiche nun haben wir gesehen, dass die Beobachtungsergebnisse, wie die Berechnung nach der P. Du Bois'schen Formel die Auffassung derselben als gleichzeitige Längs- und Querseiche des Weitsees zulassen. Da aber beide Schwingungen nicht unabhängig von einander existieren, sondern Mühlen und Seebruck gleiche Phase aufweisen, so haben wir den speziellen Fall, dass die resultierende Schwingung der Wassermasse des Weitsees längs einer neuen Richtung erfolgt, welche näher derjenigen der Einzelrichtungen ist, welche die grössere Amplitude hat. Da Mühlen fast 4 fache Schwingungsweite von Seebruck hat, muss die Richtung näher Mühlen liegen, also etwa Achenzipfel-Gstadt verlaufen. Wir sehen daraus, dass die erste Deutung der 18 Min.-Seiche als Querseiche Südost-Nordwest (S. 51) mit der zweiten Annahme (S. 67) als binodale Seiche Seebruck-Kailbach, also als Längsseiche des Weitsees und gleichzeitige Querseiche (Chieming) Hagenau-Mühlen sich vollständig deckt.

Die 16 Min.-Seiche als Längsseiche und die 18 Min.-Seiche als Querseiche beherrschen sehr häufig den Weitsee, also zwei Schwingungen verschiedener Dauer. Wir wollen nun kurz die Strömungsrichtung der Wassermassen des Weitsees betrachten, wenn beide Seiches gleichzeitig den See beherrschen.

Es kommen hier die Gesetze der Interferenz von Schwingungen verschiedener Richtung zur Anwendung. Wir machen zur Vereinfachung die Annahme, dass das Verhältnis der Periodendauern ein rationales sei und zwar 16 : 18 = 8 : 9 und die Schwingungsrichtungen aufeinander senkrecht stehen. Die Coordinaten eines Wasserteilchens in Bezug auf dessen Gleichtgewichtslage haben dann die Form:

$$y = a \sin 2\pi t : 16;$$
$$x = b \sin 2\pi t : 18;$$

wobei diesmal a und b die Wege eines Wasserteilchens in horizontaler Richtung, Seebruck-Südufer resp. Chieming-Mühlen, bedeuten. Die beiden Gleichungen stellen eine komplizierte Kurve

dar, wie sie auf Tafel II Fig. 28[1]) mitgeteilt ist (a = b angenommen).

Diese Bewegung der Wasserteilchen, welche in Wirklichkeit in ähnlicher Form existieren muss, kann wohl nie beobachtet werden. Der Weg der Wasserteilchen ist zu klein (höchstens 1—2 m im Schnittpunkte der Knotenlinie) und der See nie so ruhig.

In Wirklichkeit ist die Bahn der Wasserteilchen keine geschlossene, da die Längs- und Querseiche verschiedene Periodendauer haben. Der Phasenunterschied der beiden Schwingungen (der 18 und 16 Min.-Seiche) ist veränderlich. Die Wassermasse des Weitsees schlägt daher infolge dieser zwei Seiches nach und nach alle Schwingungsformen von einer nahe elliptischen bis fast geradlinigen ein.

Die Interferenzkurven der 16 und 18 Min.-Seiche zeigen eben deswegen an zwei verschiedenen Stationen wechselnden Phasenunterschied. Vergleiche die gleichzeitigen Limnogramme von Mühlen und Seebruck vom 19. September 6$\underline{06}$. Und wenn die Seichesbewegungen mit freiem Auge sichtbar wären, würde man von der Vogelperspektive aus ein Herumwandern eines Wellenberges im Weitsee erblicken müssen in der Bewegungsrichtung, wie es die Pfeile der oben besprochenen Figur anzeigen.

Beherrschen noch einige der besprochenen Oberschwingungen den See, so müssen die einzelnen Wasserteilchen des Weitsees die kompliziertesten Kurven beschreiben, deren einfachere Formen unter dem Namen der Lissajous'schen Schwingungsfiguren bekannt sind.

3. Die Oeffnungen im Eise des Chiemsees.

Es ist allbekannt, dass auch bei vollständiger Eisbedeckung eines Sees manche Stellen eisfrei bleiben oder nur mit dünnem Eise sich decken, andere nur zeitweise sich schliessen, um abwechselnd wieder aufzutauen. Der Chiemsee besonders ist wegen der vielen Öffnungen bekannt und gefürchtet.[2])

Aus den Limnimeteraufzeichnungen haben wir gesehen, dass auch unter Eis die Wassermasse die gleichen Schwankungen vollführt. Die besprochenen Strömungen müssen daher auch unter dem Eise auftreten. Und es ist sofort klar, dass solche unruhigen Stellen sich später schliessen werden. Und hat sich eine solche Stelle bei ruhigem See geschlossen, so werden infolge neu erzeugter Seeschwankungen, die auch bei strengster Kälte entstehen können, diese Öffnungen hier wieder erscheinen. Denn dass diese Strömungen die thermische Schichtung des See-

[1]) Das gleiche Schwingungsbild geben zwei Stimmgabeln, im Helmholtzschen Vibrationsmikroskop, deren Schwingungszahlen sich wie 8 : 9 verhalten und welche senkrecht zu einander schwingen, vgl. Helmholtz, Lehre von den Tonempfindungen, Braunschweig 1863.

[2]) E. Bayberger, Mitt. d. V. f. Erdk. in Leipzig 1890 S. 27.

wassers stören können, ist einleuchtend. Das mit dem Eise in Berührung kommende Wasser muss, wenn auch nur wenig über 0° auch eine dicke Eisdecke schmelzen, da diese hin- und hergehende Bewegung Tage andauern kann.

In der Tat fallen solche Öffnungen, „Schläge" genannt, mit Stellen stärkerer Strömung zusammen. So befinden sich am sogenannten Ringgange Öffnungen im Seeeise, welche eine Breite von einigen Metern haben können und sich oft tief in die Aiterbacherbucht hineinerstrecken. Die Öffnungen schliessen sich zwar erfahrungsgemäss zeitweise, treten aber selbst bei der grössten Kälte an der gleichen Stelle wieder auf. Auch bei Urfahren gefriert der See sehr spät und bildet oft nur eine dünne Eisdecke, so dass die Stelle wegen des brüchigen Eises gefürchtet ist. Ebenso sieht man fast genau am Knoten der 43 Min.-Seiche einen stellenweise mehrere Meter breiten Schlag sich quer über den See gegen die Fraueninsel ziehen. Auch im Mühlener Winkel zieht sich gewöhnlich ein Schlag fast genau von Süden gegen Norden.

Von den besprochenen Öffnungen, den „Schlägen", wohl zu unterscheiden sind die „Eislöcher", die sich in der Nähe der Ufer befinden, wie mehrere in der Nähe des Ufers nördlich Chieming bis Seebruck anzutreffen sind. Sie finden ihre Erklärung in unterseeischen Quellen, welche durch das aufsteigende wärmere Grundwasser die Temperatur der Oberfläche immer über Null halten. Das höher gelegene Sickergebiet von Schützing bis Arlaching begünstigt die Entstehung von Quellen, von deren Vorhandensein der Verfasser auch persönlich sich überzeugen konnte. Die Anwohner unterscheiden auch zwischen den oben behandelten Öffnungen „den Schlägen" und den letzteren, welche sie „Kochbrünn" d. h. warme Quellen nennen (nicht Köbrüne.)[1]) Ferner sind von den Schlägen zu unterscheiden die Spalten und Risse, wie die Öffnungen an den Zu- und Abflüssen.

4. Die Abflussmengen der Alz bei Seichesbewegungen.

Herr Professor Dr. H. Ebert macht am Schlusse seines mehrerwähnten Berichtes über die Seespiegelschwankungen des Starnbergersees darauf aufmerksam, dass sich die Seichesbewegungen in den Abflussmengen der Würm wiederspiegeln müssen. Es ist von Interesse, diesen Einfluss auch auf die Abflussmengen der Alz annäherungsweise anzugeben. Dabei kann ich mich einer Gleichung bedienen, welche dem Projekte der Regulierung der Wasserstände des Sees entnommen ist, und die Abflussmenge M (cbm pro Sec) für irgend einen Pegelstand p (in „m") angibt. ($M = 28 + 92\ p^{3/2}$). Zugleich ist in dem Werke die graphische Darstellung dieser Gleichung für die beobachteten Pegelstände angegeben. Aus dieser Kurve können wir für die maximale Schwankung von 30 cm eine mit dem jeweiligen

[1]) E. Bayberger, Mitt. d. V. f. Erdk. in Leipzig 1890 S. 27.

Wasserstande wachsende Änderung von 15 bis 30 cbm pro Sekunde entnehmen, eine Wassermasse, welche die Ausflussmenge innerhalb einer Periodendauer fast verdoppeln kann und daher technich sehr wohl in Betracht kommt.

Diese Wasserstandsschwankungen infolge der Seichesbewegungen erklären auch die plötzlichen Abweichungen der Pegelstände der Alz, welche mit dem Herrenwörther Pegel öfters auch bei Windstille nicht übereinstimmen.

5. Einfluss der Seichesbewegung auf das Grundwasser.

Auch auf die Möglichkeit, dass die Seichesbewegung in den Grundwasserständen wenigstens der Seeenden sich wiederspiegeln könnte, weist Herr Professor Ebert an der gleichen Stelle wie oben hin. Eine ähnliche Einwirkung mag hier noch kurz besprochen werden, welche von dem Fischer Herr M. Ebner in Feldwies zuerst beobachtet wurde, von dessen Bruder der Verfasser folgende Tatsachen in Erfahrung gebracht hat.

Zu bestimmten Zeiten trübt sich das Seewasser an einigen engbegrenzten Plätzen nahe am Südufer vor dem Eingang in die Feldwieser Bucht. Die Trübung beginnt vom Grunde her, in dem anfangs rötlich trübes Wasser wie Nebel am Grunde sich zeigt und dann häufig die ganze Wasserschicht allmählich einnimmt. Die beiden Fischer beobachten diese Erscheinung schon seit 20 Jahren und behaupten infolge dieser langjährigen Erfahrung, dass die Trübung einem Wetterumschlag vorausgehe, und dass, wenn die Trübung sich lege, ruhiges Wetter zu erwarten sei.

Auch diese eigentümliche Erscheinung ist nur eine Folge der Seichesbewegung. Fällt das Wasser infolge einer oder mehrerer dort nachgewiesener Schwingungen, so wird das trübe, rötlich gefärbte Grundwasser des moorigen Uferbodens an leichter durchlässigen Stellen infolge einseitiger Entlastung wie Quellwasser am Grunde hervortreten und zunächst als trübe, nebelige Schicht erscheinen. Hält die Seichesbewegung an und nimmt die Amplitude zu, so wird auch die Trübung stärker werden. Wird der See ruhig, so schlägt sich die Trübung am Grunde wieder nieder.

Schwankungen des Luftdruckes, wie wir sie als Ursachen der Seiches unseres Sees erkannt haben, lassen auf eine unregelmässige Verteilung des Luftdruckes schliessen und diese letztere hat einen Witterungsumschlag gewöhnlich zur Folge. Der See ist nun ein sehr empfindliches Differentialbarometer, das auch auf solche Schwankungen, die gewöhnliche Instrumente noch nicht anzeigen, durch Seeschwankungen reagiert. Und die Trübung des Wassers ist ein ebenso empfindliches Mittel diese Schwankungen anzuzeigen. Das empirisch gewonnene Kriterium der Fischer findet also hier seine Erklärung und wir dürfen denselben glauben, wenn sie versichern, „dass das Wasser besser als andere Instrumente ihnen das Wetter vorhersage."

Schluss.

Zusammenstellung der Ergebnisse. Die Ergebnisse der Seichesforschungen am Chiemsee lassen sich, wie folgt, zusammenstellen:

1.) Auch am Chiemsee ist das Seichesphänomen vorhanden. Das Schwingungsbild ist der Gestalt des Sees entsprechend äusserst kompliziert. Bis 8 Schwingungen konnten gleichzeitig den See beherrschen. Die Wasserstandsschwankungen betrugen in der Beobachtungszeit bis 30 cm, aber auch nur 1 mm. In vollständiger Ruhe war der See nie. 12 Schwingungen verschiedener Dauer sind aus den Limnogrammen zu entnehmen (abgesehen von denjenigen unter 4 Min. Dauer, den Vibrationen).

2.) Die Hauptschwingung des Sees ist die uninodale Längsseiche mit der fast halbkreisförmigen Schwingungsachse „Aiterbach-Südufer-Seebruck"; sie hat eine Periodendauer von im Mittel 43,21 Min. Der Knoten fällt mit der Einengung des Beckens süd-östlich der Herreninsel zusammen. Die Periodendauer nach der P. Du Boys'schen Formel von 42,24 Min. stimmt mit der beobachteten von 42,84 Min. (bei Mittelwasser) sehr befriedigend überein. Auch die Veränderung derselben (vom grössten Wert von 44,29 bis zum kleinsten 39,76) erklärt sich nach der Theorie durch die gleichzeitig mit der Tiefe sich ändernde Achsenlänge. Das Amplitudenverhältnis an den Enden der Achse ist das grösste bis jetzt beobachtete (6 : 1) und ist in dem Verhältnis der schwingenden Flächen begründet.

3.) Eine seltene Schwingung von $37^1/_2$ Min. Dauer lässt sich nach der P. Du Boys'schen Berechnung der Periodendauer als uninodale Seiche Seebruck-Südufer-Kailbach auffassen.

4.) Die binodale Seiche Aiterbach-Stock-Chieming hat eine Periodendauer von 28,91 Min. Sie hat sich eigentlich als uninodale Schwingung Stock-Chieming erwiesen und scheint den Schwingszustand dem Aiterbachwinkel nur aufzuzwingen. Das kleinste bis jetzt beobachtete Verhältnis der Periodendauern von Grund- und 1. Oberschwingung (1,49 : 1) findet hierin seine Erklärung.

5.) Eine Seiche von 18,15 Min. mittlerer Dauer schwingt in der Richtung Südost-Nordwest (Hagenau-Mühlen) und teilt sich zeitweise dem Aiterbachwinkel mit, so dass am Eingang desselben ein weiterer Knoten zu suchen ist. Diese Seiche lässt sich aber auch als binodale Schwingung zu der $37^1/_2$ Min. Seiche (Seebruck-Südufer-Kailbach) und gleichzeitige Querseiche Mühlen-Chieming auffassen.

6.) Eine Seiche von 15,80 Min. mittlerer Dauer ist eine trinodale Schwingung Seebruck-Irschener Winkel-Kailbach (Mühlen). Sie ist ausser in Schafwaschen an allen Beobachtungsorten anzutreffen und zwar am häufigsten von allen Oberschwingungen. Mit der 18 Min.-Seiche bildet sie eine Interferenzkurve, welche der graphischen Darstellung der Schwebungen in der Akustik

entspricht. Durch sie ist die 1. mehr als zweiknotige Seiche als im natürlichen Seebecken vorhanden nachgewiesen.

7.) Eine Seiche von $12^1/_2$ Min. Dauer kann als binodale Schwingung Feldwies-Kailbach (südlich und nördlich der Herreninsel entlang) gedeutet werden. An den übrigen Stationen des Weitsees tritt sie nicht auf, sondern gleichzeitig mit ihr die folgende 11 Min.-Seiche.

8.) Eine binodale Schwingung Seebruck-Grabenstätterwinkel von 10,80 Min. Dauer beherrscht sehr häufig den Weitsee. Einmal teilt sie ihren Schwingungszustand auch dem Inselsee mit und muss hiebei als 4 knotige Schwingung Seebruck-Schafwaschen angesehen werden. Sie ist die erste in Seen erwiesene 4 knotige Schwingung.

9.) Eine seltene Seiche von $9^1/_2$ Min. mittlerer Dauer ist die binodale Schwingung Seebruck-Südufer.

10.) Eine Seiche von 8,22 Min. Dauer ist die 1. Oberschwingung der 16 Min.-Seiche und zugleich auch Eigenschwingung des Aiterbacher Winkels. Häufig beherrscht sie als 6 knotige Schwingung Seebruck-Schafwaschen den See. Mit ihr ist die erste 6 knotige Schwingung eines Seebeckens gefunden.

11.) Eine weitere 3 knotige Seiche von 7,00 Min. Dauer schwingt in der Richtung Seebruck-Grabenstätter Winkel; auch teilt sie sich zeitweise anderen Seeteilen mit.

12.) Eine Schwingung von 5,00 Min. mittlerer Dauer kann als binodale Querseiche des nördlichen Weitseebeckens angesehen werden.

13.) Eine Seiche von 4,20 Min. Dauer zeigt sich an mehreren Punkten. Sie dürfte als nächste Oberschwingung der 8 Min.-Seiche gelten, wobei sie gewöhnlich nur partial den See beherrscht.

14.) Auch Schwingungen kürzerer Dauer sind am Chiemsee häufig, wovon eine Schwingung von 3 Min. wiederholt gleichzeitig an mehreren Stationen zu finden ist.

15.) Trotz vollständiger Eisbedeckung macht der See noch die gleichen schwingenden Bewegungen. Die dabei beobachtete Verkürzung der Periodendauern erklärt sich aus der Verkürzung der Schwingungsachse infolge der Festigkeit des Ufereises.

16.) Die Seiches erweisen sich als isochrone Schwingungen. Die abweichende Dauer aufeinanderfolgender scheinbar reiner Sinusschwingungen erklären sich aus gleichzeitig auftretenden Oberschwingungen mit bedeutend kleinerer Amplitude. Und die Unterschiede der Mittel ganzer Gruppen von Schwingungen rühren von Phasenverschiebungen infolge neuauftretender Schwingungen her.

17.) Die Beobachtungsergebnisse an der Hauptschwingung des Chiemsees bestätigen die Forel-P. Du Boys'sche Theorie vollständig. Besonders stehen die aufgetretenen Veränderungen der Periodendauer der Hauptschwingung mit der Theorie im

Einklange. Auf sämtliche Oberschwingungen aber konnte nur nach Aufklärung der Schwingungsrichtungen, Knoten und Bäuche die herrschende Theorie Anwendung finden. Die scheinbaren Unregelmässigkeiten erwiesen sich als mit der Theorie übereinstimmend. Die Beckenform übt eben nach den Ergebnissen am Chiemsee auf die Schwingungsunterteilung des Sees einen sehr grossen Einfluss aus.

18.) Als Hauptursachen der Seiches des Chiemsees haben sich plötzliche, lokale Luftdrucksteigerungen erwiesen, wie sie in den mit grosser Geschwindigkeit fortschreitenden Druckstufen der Böen auftreten. Plötzliche Druckabnahme erzeugte selten Seiches von grösserer Amplitude. Der Wind konnte nie als alleinige Ursache der Seiches erkannt werden; dabei ist seine Mitwirkung bei böigem Wetter als sicher anzunehmen, doch bleibt seine Denivellationswirkung hinter der der Druckstufe der Böe, welche er begleitet, zurück. Auch Platzregen auf die eine Seehälfte konnte einmal zur Erklärung einer grösseren Denivellation herangezogen werden. Dagegen kann die Anziehung der Wolkenelektrizität als unmessbar und die Erzeugung geringerer Schwankungen durch minimale Erdstösse als unwahrscheinlich gelten. Auch die an klaren Tagen auftretenden Seiches von kleiner Amplitude haben ihre Ursache sehr wahrscheinlich ebenfalls in raschen, nur entsprechend geringeren Luftdruckschwankungen, wie z. B. eine solche bei Vorarbeiten des Bergwindes gegen den See beobachtet werden konnte.

19.) Partial- und Oberschwingungen entstehen durch Luftdruckunterschiede über kleineren Seeteilen. Nur Oberschwingungen erzeugen sehr rasch und kurz dauernde Einwirkungen auf das Seewasser, wobei immer diejenige Seiche entsteht, deren halbe Periodendauer der Zeit der Einwirkung nahe kommt. Auch die Beckenform hat bei der Entstehung mehrknotiger Seiches einen sehr grossen Einfluss.

20.) Als Ursache der Vibrationen lässt sich bei stürmischem Wetter die wechselnde Windstärke und die dadurch bedingte wechselnde Stauwirkung vermuten; bei ruhigem Wetter konnten die Vorderseiten und das Centrum von über den Chiemsee ziehenden Depressionen als günstige Zeitpunkte für ausgeprägte Seeschwankungen so kurzer Dauer erkannt werden. Die Dampfervibrationen scheinen z. T. von der vor dem Schiffe hergeschobenen Wassermenge veranlasst zu sein.

21.) Das Rinnen des Wassers an den Beckeneinengungen des Chiemsees, wie dem Eingang in die Aiterbacher Bucht — „Rinngang“ genannt —, bei Urfahren und dem Knoten der 43 Min.-Seiche ist eine Folge des Wassertransportes bei der Seichesbewegung. Die Öffnungen im Seeeis an genannten Stellen sind wieder eine Folge dieser Strömungen. Auch im Weitsee strömt das Seewasser infolge der Schwankungen. Jedes Wasserteilchen beschreibt infolge der vielen Längs- und Quer-

schwingungen in horizontaler Richtung komplizierte Bahnen. Beherrschen die 18 und 16 Min.-Seiche allein den See, so besteht die resultierende Wasserbewegung in einem Herumwandern eines Wellenberges um den Weitsee, wobei die horizontale Strömung alle Formen von der kreisähnlichen bis zur flachsten Ellipsenform durchläuft. Doch sind diese Strömungen so gering, dass sie wohl nie beobachtet werden können.

Das auch häufige, kräftige Rinnen der Wassermasse des Weitsees ist keine Folge der Seichesbewegungen, scheint vielmehr den gleichen Ursachen wie die Seiches selbst seine Entstehung zu verdanken.

22.) Die Abflussmenge der Alz kann bei exzessiven Schwankungen periodisch fast verdoppelt werden. Auch auf das Grundwasser des anliegenden Ufers konnte eine Einwirkung gefunden werden derart, dass dasselbe bei Fallen des Sees infolge der Schwankungen an durchlässigen Stellen hervortritt und das Seewasser trübt. Die darauf begründete Wettervorhersage der Fischer wird durch vorstehende Untersuchungen bestätigt.

Weitere Probleme. Es dürfte von Wichtigkeit sein, auf Grund vorstehender Ergebnisse die Seichesforschungen am Chiemsee fortzusetzen. Zunächst bietet sich gerade an unserem See die wohl nie wiederkehrende Gelegenheit, den Einfluss der Tiefe auf die Seiches und dadurch die Theorie weiter zu prüfen. Zur Zeit wird nämlich der Seespiegel durch Regulierung des Abflusses tiefer gelegt. Nach der eingetretenen Spiegelsenkung von 60 cm kann sich eine weitere bedeutende Änderung der Periodendauer ergeben. Dann ist es möglich, dass infolge der dadurch bedingten Knotenverschiebungen manche Schwingungen vielleicht gar nicht mehr auftreten, dass andere neue sich zeigen, andere seltener und mit rascher Dämpfung und wieder andere häufiger und in längeren Reihen als früher erscheinen.

Ausserdem dürfte es von grossem Interesse sein, die Teilnahme der seichten, langgestreckten Buchten an den Seichesbewegungen des Sees zu untersuchen, wofür sich an keinem anderen See solche Gelegenheit bietet.

Auch die so häufigen und deutlichen Strömungen des Chiemsees an der Hand registrierender Apparate genauer zu verfolgen, dürfte sich verlohnen.

Endlich ist gerade der Chiemsee ein passendes Objekt, die Schwingungen kleinster Dauer, die Vibrationen, eingehend zu untersuchen, da sie sich an unserem See häufig zeigen und die Apparate bei den geringen Entfernungen auch auf so kleine Zeitunterschiede vergleichbar im Gange gehalten werden können.

Über die Ergebnisse weiterer Untersuchungen wird an anderer Stelle berichtet werden.

Literaturverzeichnis.

(Die Werke sind hier im allgemeinen in der Reihenfolge aufgeführt, wie sie im Texte citiert sind.)

S. Günther, Handbuch der Geophysik, Stuttgart 1901, Bd. I und II. (Das Werk war dem Verfasser, fern von der Bibliothek, zur raschen und gründlichen Orientierung in allen einschlägigen Fragen von besonderem Werte.)

H. Ebert, Periodische Seespiegelschwankungen beobachtet am Starnbergersee, Sitzungsbericht der math.-phys. Klasse der k. bay. Akademie der Wissenschaften, Bd, XXX, München 1900, Heft III.

E. Bayberger, Der Chiemsee, Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig 1888.

— Physikalische und geologische Verhältnisse des Chiemsees, ebenda 1890.

E. Nenning, Projekt über die Regulierung der Wasserstände des Chiemsees 1893; nicht im Drucke erschienen.

E. H. und W. Weber, Wellenlehre auf Experimenten begründet, Leipzig 1825.

F. A. Forel, Le Léman, Monographie Limnologique, Bd. I und II, Lausanne 1895.

— Deuxième étude sur les seiches, Bull. S. V. S. N. XII, Lausanne 1873.

Jahresbericht der geographischen Gesellschaft in München 1900/01.

Zeitschrift für Instrumentenkunde, Julius Springer, Berlin 1901.

E. v. Cholnoky, Limnologie des Plattensees III. Teil d. I. Bd. der Resultate der wissenschaftlichen Erforschung des Plattensees und seiner Umgebung, Wien 1897.

Archives des sciences phys. et nat. III. per. t XXV. Genève 1891.
" " IV. per. t IV. Genève 1897.
" " IV. per. t III. Genève 1898.
" " III. per. t XXIV. Genève 1890.

E. Sarasin, Les oscillations du lac des Quatre-Cantons, Genève 1901.

Eb. Graf Zeppelin, die Schwankungen des Bodensees; XII. H. der Zeitschrift des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung, Lindau 1893.

F. A. Forel, Handbuch der Seenkunde, Stuttgart 1901.

Archives des sciences phys. et nat. III per II t, Genève 1879.
Ebenda III per III t, Genève 1880.
" III per XXVIII t, Genève 1892.
" III per XXXIV t, Genève 1895.

J. Hann, Lehrbuch der Meteorologie, Leipzig 1901.

— Handbuch der Klimatologie Bd. I, II und III, Stuttgart 1897.

G. H. Darwin, Ebbe und Flut, sowie verwandte Erscheinungen des Sonnensystems, übersetzt von Agnes Pockels, Leipzig 1902.

G. v. Boguslawski und O. Krümmel, Handbuch der Oceanographie Bd. II, Stuttgart 1887.

O. Krümmel, zum Problem des Euripus, Petermanns Mitteilungen 1888.

Wiedemanns Annalen, Neue Folge 41, 1890.
Ebenda " 57, 1896.

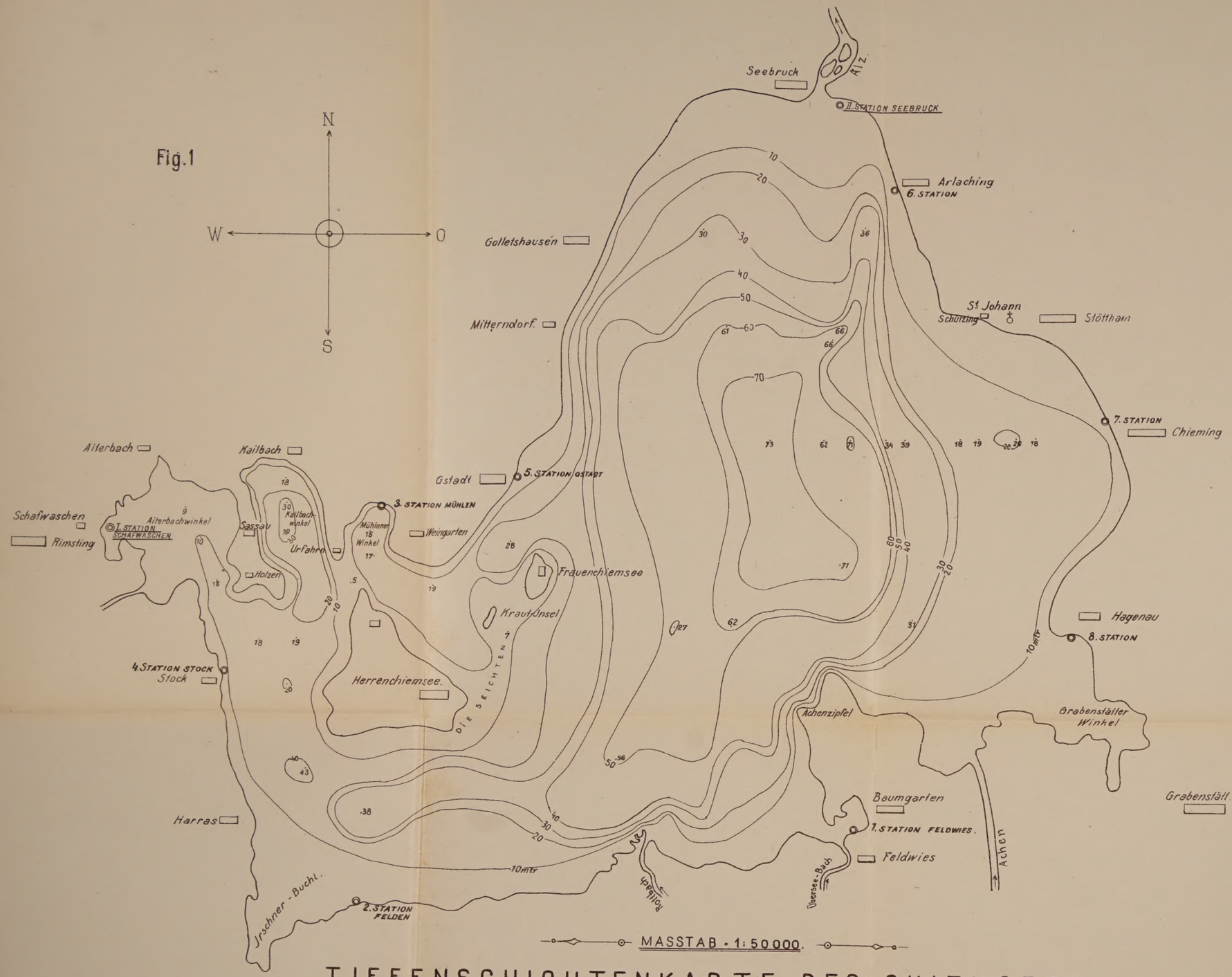
Meteorologische Zeitschrift Jhrg. 1894, 1897 und 1899.

C. Lang, Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter in Süddeutschland 1879—1888. Meteorologische Beobachtnngen in Bayern Bd. X 1888 und ebenda Bd. XIII 1891.

Berichtigungen.

S. 6 Z. 11 v. o. lies — änderungen statt — änderung.
S. 8 Fussnote [1]) lies Forel statt Torel.
S. 15 Z. 1 v. o. lies $T \cdot T_1$ statt $T : T_1$.
S. 57 VI. Abschnitt lies durchwegs P. Du Boys statt P. Du Bois.
Ebenso S. 8 Z. 20 v. o., S. 49 Fussnote.

Fig.1



MASSTAB · 1: 50000.

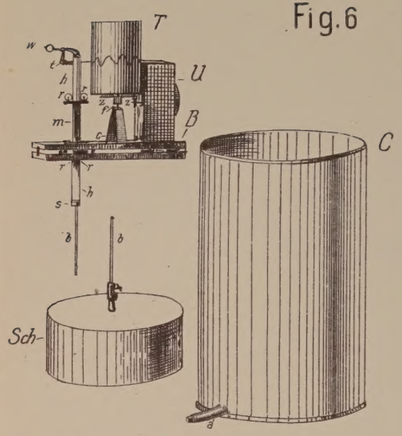
TIEFENSCHICHTENKARTE DES CHIEMSEES

v. E. BAYBERGER.

Entnommen den Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig.

Jahrg. 1888.

Fig.6



Skizze des transportablen Limnimeters.

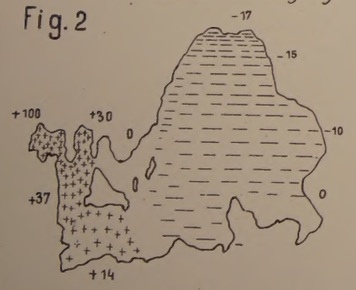
Fig.7

Mahsstab 1:800000.

KARTENSKIZZE DER UMGEBUNG DES CHIEMSEES MIT DEN GEWITTERMELDESTATIONEN UND DEM ALPENQUERTAL DER ACHEN.

1) 43 Minuten Schwingung.

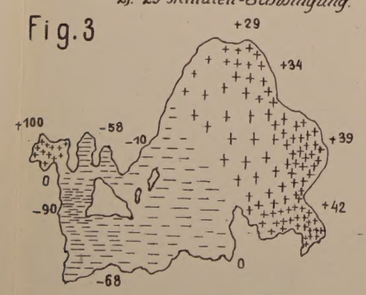
Fig.2



Moment der Ausschwingung der Wassermasse des Chiemsees nach Wesign bei der 43 Minuten Schwingung, wobei "+" (plus) Erhebung und "−" (minus) Vertiefung gegenüber der Gleichgewichtslage bedeuten.

2) 29 Minuten-Schwingung.

Fig.3



Schwingungsmoment bei der binodalen Seiche (29 Min.) Stock tiefster Stand, Schafwaschen und Chieming höchster Stand.

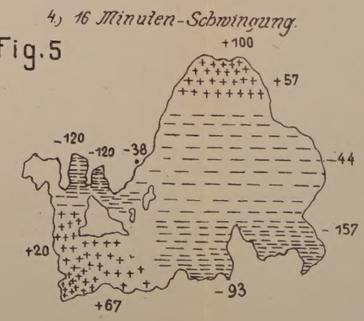
3) 18 Minuten-Schwingung.

Fig.4

Schwingungsmoment bei der 18 Min.-Seiche. Mühlen tiefster Stand, Hagenau (und Schafwaschen) höchster Stand.

4) 16 Minuten-Schwingung.

Fig.5



Schwingungsmoment bei der trinodalen Seiche. (16 Min.) Seebruck und Felden höchster Stand, Hagenau und Kailbach tiefster Stand.

Druck v. Joh. Roth scl. Ww. München.